

Природо- пользование

ВЫПУСК 14



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ

Природо- пользование

Сборник научных трудов

Выпуск 14



2008

УДК 504.(476) (082)
ББК

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: Сб. науч. тр. Вып. 14. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии; редкол.: В. Ф. Логинов (гл. редактор) и др. – Минск.: «Тонпик», 2008. – 245 с.

В сборнике приведены результаты исследований по проблемам природопользования и охраны окружающей среды, разработки биосферносоставимых технологий переработки и использования твердых горючих ископаемых, растительного сырья и отходов, выполняемых в рамках Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Природопользование» и Государственных научно-технических программ «Экологическая безопасность», «Энергобезопасность» и др.

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

Главный редактор
академик, д-р геогр. наук В. Ф. Логинов

УДК 504.(476) (082)
ББК

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

академик, д-р сел.-хоз наук Н. Н. Бамбалов, 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,
чл.-корр., д-р геол.-мин. наук А. К. Карабанов, д-р геогр. наук В. Н. Киселев, академик, д-р техн. наук И. И. Лиштван, д-р техн. наук Э. И. Михневич, канд. физ.-мат. наук Ю. Ю. Навоша (ответств. секретарь), д-р техн. наук Г. В. Наумова, д-р геогр. наук И. И. Пирожник, 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, д-р техн. наук П. Л. Фалюшин, д-р геогр. наук В. С. Хомич (зам. гл. редактора), чл.-корр., д-р сел.-хоз наук А. Р. Цыганов

С О Д Е Р Ж А И Е

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Какарека С. В.	Управление качеством воздушной среды и целевые показатели содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе	5
Струк М. И.	Геоэкологические последствия трансформации структуры землепользования Беларуси	13
Струк М. И.	Учет интересов города при организации экологической сети пригородного района	21
Кухарчик Т. И., Какарека С. В., Хомич В. С., Быкова Н. К. Флерко Т. Г.	Оценка и сохранение природного разнообразия городских ландшафтов	27
	Ландшафтные условия размещения системы расселения Гомельской области	38
Логинов В. Ф., Волчек А. А., Волчек Ан. А.	Определение максимальных модулей стока весеннего половодья на реках Беларуси	45
Логинов В. Ф., Волчек А. А., Шпока И. Н.	Изменчивость числа дней со шквалами в Беларуси	51
Какарека С. В., Белькович О. Е., Чудук В. Н., Саливончик С. В.	Особенности химического состава снежного покрова в г. Минске в зимний период 2006–2007 гг.	57
Микуцкий В. С., Максимович И. В.	Пространственные особенности формирования засушливых условий в Беларуси	63
Камышенко Г. А.	Кластерные территориальные нормализованные модели урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси	68
Коляда В. В.	Опыт расчета экономических трендов в рядах урожайности сельскохозяйственных культур	76
Бровка Ю. А.	Предложения по оптимизации регионального распределения посевов сельскохозяйственных культур	85
Ракович В. А., Симакова Г. И.	Генезис и оценка скорости аккумуляции углерода и азота в торфяной залежи торфяного месторождения Великий Лес	90
Ракович В. А.	Количественная оценка трансформации растительной фитомассы в торф по приросту, определенному радиоуглеродным методом	97
Гусев А. П.	Сукцессионный метод рекультивации нарушенных ландшафтов	104
Гаврильчик А. П., Мультан С. Т., Навоша Ю. Ю., Будник Н. В., Пискунова Т. А., Вороно В. В., Осипов А. В., Лис А. В. Кравчук Л. А.	Прогнозная оценка наличия на территории Беларуси пригодных к разработке торфяных месторождений	110
	Методология оценки уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационного комплекса городов	120
Лукашев О. В., Жуковская Н. В., Лукашева Н. Г., Савченко С. В. Рыжиков В. А.	Ландшафтно-геохимические особенности территории Национального парка «Нарочанский»	129
	Выделение, классификация и картографирование автотранспортных ландшафтов городов (на примере г. Минска)	135
Петрова М. И.	Оценка фосфорной нагрузки на экосистемы озер-водоприемников сточных вод	143
Тышкевич В. Е.	Важнейшие охотничьи ресурсы заказников «Козьиновский», «Налибокский» и «Острова Дулебы»: оценка состояния, методы восстановления и перспективы использования	148
Гаврильчик А. П., Томсон А. Э., Мультан С. Т., Навоша Ю. Ю., Будник Н. В., Кашинская Т. Я.	О функции элементов торфяных месторождений в природе	158

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Фалюшин П. Л., Смычник Т. П.	Влияние химического состава бурых углей Бриневского месторождения на выход и состав продуктов их термохимической переработки	161
Лиштван И. И., Фалюшин П. Л., Братишко Р. Ф., Смолячкова Е. А.	Теплотехнические характеристики бурых углей Бриневского месторождения	167
Фалюшин П. Л., Крайко В. М., Коврик С. И., Ануфриева Е. В., Смолячкова Е. А., Белова Ю. В.	Качественные показатели горючих сланцев Туровского месторождения	174
Бровка А. Г., Агутин К. А., Нерославская Ю. И.	Влияние минеральных и органических водорастворимых соединений на количество незамерзшей воды в почвогрунтах	179
Дорожок И. Н., Бровка А. Г.	Экспериментальные исследования и расчет коэффициентов теплопроводности горных пород	185
Агутин К. А.	Морозное пучение горных пород	193
Томсон А. Э., Наумова Г. В.	Химическая характеристика сфагнового торфа основных сырьевых баз Беларуси	197
Томсон А. Э., Седлухо Ю. П., Соколова Т. В., Хоняк Д. А., Пехтерева В. С., Гапанович Е. В.	Химическая коагуляция жирсодержащих сточных вод ОАО «Гомельский жировой комбинат»	204
Царюк Т. Я., Фалюшина И. П., Дребенкова И. В., Стригуцкий В. П., Гремяко Н. В.	Использование промежуточных и остаточных продуктов масляного производства в качестве компонентов консервационных материалов	208
Бокая Г. М.	Маслорастворимый ингибитор коррозии на основе жирового гудрона	215
Лис Л. С., Медведева Ю. В., Царюк Т. Я.	Натурные исследования процессов коррозии металла в различных регионах Республики Беларусь	223
Наумова Г. В., Прищепа И. А., Попов Ф. А., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф., Жмакова Н. А.	О возможности получения средств защиты растений от грибных болезней из семян люпина	231
Решетник Г. В., Мищенко Л. Т., Томсон А. Э., Овчинникова Т. Ф., Жмакова Н. А., Макарова Н. Л.	Влияние биологически активных препаратов «Сфагнин» и «Гидрогумат» на формирование неспецифической устойчивости растений зерновых культур к вирусной инфекции	236
Красноберская О. Г., Соколов Г. А., Сосновская Е. Н., Стельмах Е. С.	Влияние вида и состава органоминеральных удобрений на доступность фосфора молодым растениям	241

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.3.054

С. В. Какарека

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Статья посвящена анализу возможностей установления целевых показателей качества атмосферного воздуха в Беларуси. Приведен обзор действующих в Беларуси гигиенических нормативов и критериев качества атмосферного воздуха, рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения. Описаны основные элементы стратегии охраны атмосферного воздуха и принятые целевые показатели содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в странах ЕС. Выполнен анализ повторяемости концентраций основных и некоторых специфических загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси выше установленных нормативов. Предложены целевые показатели по отношению к содержанию основных загрязняющих атмосферный воздух веществ, определяемые повторяемостью содержаний выше ПДК.

Качество атмосферного воздуха является важнейшим экологическим фактором, влияющим на здоровье населения и состояние экосистем. В первую очередь оно определяется содержанием в воздухе веществ, оказывающих негативное воздействие – вредных (загрязняющих). Содержание этих веществ обусловлено совместным влиянием выбросов в атмосферу от антропогенных и природных источников, поступлением с межрегиональным и трансграничным переносом, фотохимическими превращениями в атмосфере.

Управление качеством атмосферного воздуха осуществляется в первую очередь воздействием на источники поступления загрязняющих веществ. Учитывая многообразие источников выбросов и загрязняющих воздух веществ, важнейшим условием эффективной охраны атмосферного воздуха является выработка оптимальной стратегии управления его загрязнением.

В 1990-е гг. в Беларуси произошло существенное сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [5], обусловленное в основном макроэкономическими изменениями, сокращением промышленного производства и потребления топлива, изменениями в топливном балансе. Сокращение выбросов привело к улучшению экологической обстановки в городах. Сказалось также сокращение поступления загрязнителей с трансграничными воздушными потоками. В наибольшей степени сокращение содержания основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе характерно для твердых взвешенных веществ (пыли) и диоксида серы; в то же время содержание оксидов азота и оксида углерода

изменилось существенно меньше. Еще более неоднозначна ситуация со специфическими загрязняющими веществами.

Потенциал сокращения загрязнения атмосферного воздуха вследствие макроэкономических изменений и перестройки топливного баланса в основном исчерпан. Сокращение выбросов, характерное для 1990-х гг., в последние годы сменилось для большинства загрязняющих веществ их ростом. В связи с наметившимся экономическим ростом следует ожидать дальнейшего увеличения выбросов загрязняющих веществ при отсутствии адекватной стратегии в области регулирования воздействий на атмосферный воздух. Это подтверждается прогнозными расчетами. В 2003–2004 гг. был разработан первый прогноз загрязнения атмосферного воздуха в Беларуси на основе сценариев развития экономики [4], включающий прогноз выбросов загрязняющих веществ. При всех сценариях развития в период 2005–2010 гг. необходимо ожидать дальнейшего роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, и соответственно, увеличения загрязнения воздуха.

В связи с этим представляется необходимым определение приоритетов в отношении качества атмосферного воздуха как часть стратегии управления качеством воздушной среды. Это важно для достижения целей, поставленных Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. [3] и Национальным планом действий по рациональному использованию при-

родных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006–2010 гг. [2].

В статье предпринята попытка обоснования целевых показателей загрязнения атмосферного воздуха в городах Беларуси, базируясь на действующих ПДК загрязняющих веществ, рекомендациях ВОЗ и опыте стран ЕС. Основной метод – оценка частоты превышений допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси на основе данных мониторинга воздушной среды с учетом трендов концентраций.

Таблица 1. Критерии качества атмосферного воздуха, принятые в Республике Беларусь и рекомендованные ВОЗ для основных контролируемых загрязняющих веществ, мкг/м³

Вещество	Стандарт ВОЗ [6, 7]			ПДК ¹ , Беларусь		
	1 год	24 ч	1 ч	ПДКс.с.	ПДКм.р	класс опасности
Азота диоксид	40	75 (24 ч) 120 (8 ч)	200	100	250	2
Бенз(а)пирен	0,001			0,001		1
Бензол	25			100	1500	2
Свинец	0,5			0,3		1
Серы диоксид	50	125	500 (10 мин)	200	500	3
Твердые частицы, суммарное содержание				150	300	3
Твердые частицы с аэродинамическим диаметром < 10 мкм (ВЧ10)	–	100	–	50	150	3
Твердые частицы с аэродинамическим диаметром < 2,5 мкм (ВЧ2,5)				25	65	3
Углерода оксид, мг/м ³		10 (8 ч)	60 (30 мин)	3	5	4
Аммиак				40	200	4
Фенол				3	10	2
Формальдегид			100 (30 мин)	12	35	2

¹ – ПДКс.с. – среднесуточные предельно допустимые концентрации;

ПДКм.р. – максимальные разовые предельно допустимые концентрации.

Индикаторами уровня загрязнения воздуха являются кратность превышения ПДК по каждому загрязняющему веществу, средневзвешенный индекс превышения и суммарный индекс загрязнения (ИЗА) для пяти наиболее важных (для данного поста) веществ.

Основные документы и программы, определяющие стратегию охраны атмосферного воздуха в ЕС:

- Директива Совета 96/62/ЕС от 27 сентября 1996 г. об оценке и управлении качеством атмосферного воздуха (т. н. «рамочная директива») [8];
- четыре дочерние директивы, устанавливающие лимиты концентраций в атмосферном воздухе приоритетных загрязняющих веществ (диоксида серы, оксидов азота, оксида углерода, ВЧ10, озона, бензола, свинца, мышьяка, кадмия, никеля, бензо(а)пирена) (1999/30/ЕС, 2000/69/ЕС, 2002/3/ЕС, 2004/107/ЕС) [9-12];
- 6-й План действий в области охраны окружающей среды, включающий семь тематических стратегий, в том числе Тематическую стратегию в области загрязнения атмосферного воз-

духа [13] и Программу «Чистый воздух для Европы» (CAFÉ);

6-й План действий в области охраны окружающей среды (EAP) ставит своей основной целью достижение «уровней качества атмосферного воздуха, которые не приводят к существенным негативным рискам для здоровья человека и окружающей среды». В рамках 6-го Плана действий выполнен анализ действующего законодательства с точки зрения достижимости целей EAP к 2020 г.

Тематическая стратегия в области загрязнения атмосферного воздуха устанавливает промежуточные цели в области загрязнения атмосферного воздуха в ЕС и предлагает соответствующие меры для их достижения, в частности модернизацию существующего законодательства, его лучшую фокусировку на наиболее важных загрязняющих веществах и большую интеграцию аспектов охраны окружающей среды в другие политики и программы. Выгоды и затраты, а также цели, устанавливаемые Тематической стратегией до 2020 г., приведены в табл. 2.

Таблица 2. Выгоды и затраты Тематической стратегии в области загрязнения атмосферного воздуха [13]

Уровень	Выгоды								Затраты в год, млрд евро	
	здоровье человека			природная среда						
	потери лет жизни (млн) – только для тонкодисперсных частиц	досрочные смерти (тыс.) – ВЧ и озон	диапазон выгод здоровья в год, в денежном выражении (млрд евро)	площадь экосистем с превышением уровней закисляющих нагрузок, тыс. км ²	лесные	полуестественные	пресноводные	площадь экосистем с превышением допустимых уровней эвтрофикации, тыс. км ²		
2000 г.	3,62	370	–	243	24	31	733	827	–	
Базовый сценарий 2020 г.	2,47	293	–	119	8	22	590	764	–	
Стратегия	1,91	230	42–135	63	3	19	416	699	7,1	
МТДС ¹	1,72	208	56–181	36	1	11	193	381	39,7	
Цели Тематической стратегии ²	47%	10%		74%			39%	43%	15%	

¹ – максимальное технически достижимое сокращение.² – в % улучшения к 2020 г. по отношению к 2000 г.

Достижение поставленных целей предполагает сокращение концентраций ВЧ2,5 в воздухе на 75 % и приземного озона на 60 % от того, что технически осуществимо к 2020 г. Дополнительно угроза природной среде от закисления и эвтрофирования будет снижена на 55 % от технически возможного уровня.

Для достижения этих целей выбросы диоксида серы должны быть сокращены на 82 %, оксидов азота – на 60 %, ЛОС – на 51 %, аммиака на 27 % и первичных ВЧ2,5 на 59 % по отношению к 2000 г. Большая часть этих сокращений произойдет вследствие реализации уже одобренных мер в странах-членах ЕС. Предполагается, что это спасет 1,71 млн лет жизни от воздействия взвешенных частиц и сократит острую смертность от воздействия озона в 2,2 раза по сравнению с 2000 г.

Часть стратегии будет реализована через ревизию действующего законодательства в области охраны окружающей среды, включающего два основных элемента:

- объединение пяти действующих документов, регулирующих загрязнение атмосферного воздуха (рамочной и трех дочерних директив, а также Решения об обмене информацией), в один;

- введение в дополнение к уже действующим новых стандартов качества атмосферного воздуха по тонкодисперсным взвешенным веществам (ВЧ2,5). В качестве предельного значения предлагается концентрация 25 мкг/м³. В качестве промежуточной меры предлагается сокращение концентраций на 20 % в период с 2010 по 2020 г.

Директива о национальных потолках выбросов будет пересмотрена для обеспечения сокращения выбросов оксидов азота, диоксида

серы, ЛОС, аммиака и первичных взвешенных частиц, необходимого для достижения поставленных целей к 2020 г. Достижение целей стратегии принесет выгоду не менее 42 млрд евро, выраженную в выгодах для здоровья.

Программа CAFÉ действует с 2001 г. согласно решению COM2001.245. Это программа технического анализа и разработки политики для поддержки разработки Тематической стратегии в области загрязнения атмосферного воздуха в рамках 6-го Плана действий в области охраны окружающей среды. Цель Программы – выполнение разработок для формирования долгосрочной стратегической и интегральной политики против значительных негативных эффектов загрязнения атмосферного воздуха в отношении здоровья человека и окружающей среды. Новая фаза Программы CAFÉ – выполнение Тематической стратегии в области загрязнения атмосферного воздуха – началась в сентябре 2005 года.

Основными принципами управления качеством атмосферного воздуха в ЕС, развиваемыми Тематической стратегией, являются установление пороговых (допустимых) концентраций приоритетных загрязняющих веществ, соотнесенных с периодом времени, в течение которого эти концентрации не должны превышаться, а также установление потолков выбросов.

Базовые термины в области регулирования загрязнения атмосферного воздуха согласно Директиве 96/62/ЕС [8]:

предельное значение (limit value) – уровень, установленный на основе научных знаний, с целью избежать, предотвратить либо снизить вредное воздействие на здоровье и/или окружающую среду в целом, который должен быть

достигнут к заданному времени и, будучи, достигнут, не должен превышаться;

целевое значение (target value) – уровень, установленный с целью избежать более долгосрочных вредных воздействий на здоровье/окружающую среду в целом, который должен быть достигнут, если возможно, к заданному времени;

угрожающий порог (alert threshold) – уровень, за пределами которого существует риск здоровью человека вследствие краткосрочного воздействия и при котором немедленные шаги

должны быть предприняты государствами-членами ЕС, как указано в Директиве;

допустимое отклонение (margin of tolerance) – процент от допустимого значения, на который это значение может быть превышено согласно условиям, указанным в соответствующей директиве.

Предельные значения концентраций приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе согласно директивам ЕС, мкг/м³

Таблица 3. Предельные значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе согласно директивам ЕС, мкг/м³

Показатель	Период осреднения	Предельная концентрация	Частота допустимого превышения предельной концентрации	Дата достижения
SO ₂	1 час	350	24 раза в год	1.01.2005
	24 часа	125		1.01.2005
	1 год	20		19.07.2001
NO ₂	1 час	200	18 раз в год	1.01.2010
	24 часа	–		
	1 год	40		1.01.2010
ВЧ10	1 год	30*	–	19.07.2001
	Стадия 1	–		
	1 час	–		
	24 часа	50	35 раз в год	1.01.2005
	1 год	40		1.01.2005
	Стадия 2	–		
	1 час	–		
	24 часа	50	7 раз в год	1.01.2010
	1 год	20		1.01.2010
CO	1 час	–		
	8 часов ²	10 000		1.01.2005
	24 часа	–		
Озон	8 часов	120	25 дней в течение календарного года, осредненная за три года	2010
	АОТ40 ³	18 000 мкг/м ³ /час		Осредненная за 5 лет для защиты экосистем
Свинец	1 год	0,5		1.01.2005 ⁴
Бензол	1 год	5		1.01.2010
As ⁵		6		–
Cd ⁴		5		–
Ni ³		20		–
Бенз(а)пирен ⁴		1		–

¹ – концентрация NOx для защиты экосистем;

² – максимальная суточная 8-часовая средняя концентрация, определяемая по результатам анализа 8-часовых скользящих средних. Срок достижения – 2005 г.;

³ – рассчитанная из часовых значений с мая по июль;

⁴ – к 1.01.2010 в окрестностях специфических источников выбросов;

⁵ – целевое значение общего содержания ВЧ10, осредненное за календарный год, нг/м³.

Оценка достижимости уровней содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларусь.

Достижимость тех или иных уровней качества атмосферного воздуха может быть определена из анализа динамики (трендов) загрязнения атмосферного воздуха. При этом анализируются как тренды средних значений (годовых, месячных), так и вероятность (повторяемость) ситуаций с превышениями допустимых значений.

Твердые взвешенные частицы (пыль)

За период с 1991 по 2002 г. средние годовые концентрации пыли в атмосферном воздухе городов уменьшились более чем вдвое (со 132,4 до 54,9 мкг/м³). Наибольшее сокращение происходило в первую половину периода. В последние годы в большинстве случаев концентрации взвешенных веществ находятся ниже национального стандарта качества. В последующие годы содержание взвешенных веществ продолжало снижаться, особенно резко – в 2004 г., ко-

гда оно уменьшилось по отношению к 2000 г. на 46 %, а по отношению к 2003 г. – на 24,7 %.

Диоксид серы

В целом для городов Беларуси среднегодовая концентрация диоксида серы снизилась с 8,6 мкг/м³ в 1991 г. до 3,0 мкг/м³ в 2002 г. Однако в отдельных случаях регистрировались превышения предельно допустимых максимальных разовых концентраций. В последующие годы содержание диоксида серы в атмосферном воздухе продолжало снижаться; так, в 2004 г. оно было ниже, чем в 2003 г. на 77,3 %.

Диоксид азота

Средняя концентрация диоксида азота в воздухе городов Беларуси в целом за период с 1991 по 2002 г. сократилась примерно на 1/4: в 1991 г. она составляла 40 мкг/м³, в 2002 г. – 30,2 мкг/м³. Однако, если рассматривать период после 1995 г., то существенного изменения среднего уровня загрязнения воздуха диоксидом азота не произошло. При этом в некоторых городах (Могилев, Брест, Бобруйск) отмечен его рост.

Оксид углерода

Средние концентрации оксида углерода в городах Беларуси за последние 10–12 лет не имели выраженного тренда; среднегодовая концентрация составляла 860–1260 мкг/м³.

Фенол

Содержание фенола в атмосферном воздухе городов в 1990-е гг. сокращалось (с 2,66 в 1994 г. до 1,54 в 2000 г.). В 2001–2003 гг. среднее содержание было весьма стабильным, в 2004 г. сократилось до 1,40 мкг/м³ (на 9,7 % по отношению к 2002 г.).

Формальдегид

Среднегодовые показатели уровня загрязнения атмосферного воздуха этим поллютантом до последнего времени (до изменения ПДКс.с.) практически во всех городах, где ведется контроль, превышали предельно допустимую величину; для подавляющего большинства промышленных центров вклад формальдегида в суммарный индекс загрязнения составлял от 51 до 80 %. Среднегодовое содержание формальдегида в атмосферном воздухе городов составляло в период с 1991 по 2004 г. 5,7–8,8 мкг/м³ при значительных отклонениях от среднего от года к году.

Аммиак

Содержание аммиака подвержено значительным межгодичным колебаниям; с 1999 по 2004 г. среднегодовое содержание колебалось в интервале 27–34 мкг/м³.

Таким образом, динамика концентраций основных и специфических загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в последние годы неоднородна. Если содержание в воздухе ряда поллютантов снижается (это особенно характерно

для взвешенных веществ и диоксида серы, фенола), то для других, таких как диоксид азота и особенно формальдегид, это не характерно.

Анализ повторяемости концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выше ПДК

Проведен анализ повторяемости максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выше ПДКм.р.; на основе средних годовых концентраций и среднего квадратического отклонения концентраций оценены вероятности превышения среднесуточных значений ПДКс.с. для основных загрязняющих веществ. Практически для всех поллютантов вероятны максимальные разовые концентрации, превышающие ПДК с вероятностью до 1–3 %, а для формальдегида – до 8–9 %. Среднесуточные концентрации с наибольшей вероятностью превышают ПДКс.с. среди основных загрязняющих веществ по общему содержанию пыли (табл. 4.).

Вероятность концентраций, превышающих ПДКс.с. велика практически для всех специфических веществ; для формальдегида она в ряде городов выше 90 % (по отношению к ПДКс.с., действующей до 2005 г.).

Индикаторы (целевые показатели) качества атмосферного воздуха

С учетом выполненного анализа динамики загрязнения атмосферного воздуха, выявленных трендов и прогноза выбросов предложена система показателей его качества, основанных на частоте концентраций, превышающих максимальные разовые и среднесуточные ПДК. Основная цель – стабилизация качества атмосферного воздуха на уровне 2000–2005 гг.

Твердые взвешенные частицы

Исходя из результатов анализа, допустимая повторяемость максимальных разовых концентраций взвешенных веществ на уровне ПДКм.р. может быть установлена на уровне 4 %, допустимое число дней в году со среднесуточными концентрациями, превышающими ПДКс.с., – 60.

Необходимо отметить, что существующая система контроля ориентирована в основном на 20-минутный замер содержания в воздухе суммы твердых частиц, в то время как в странах Европы и США уже осуществлен переход на контроль респираторной фракции пыли – ВЧ10, а также ВЧ2,5, что необходимо учитывать при разработке стандартов качества атмосферного воздуха. Уже существует несколько постов (в частности, в Минске, Гомеле), оснащенных системами непрерывного контроля ВЧ10; однако полный переход на новые методы контроля твердых частиц займет достаточно продолжительный период времени.

Таблица 4. Средняя годовая концентрация¹, мкг/м³ (1) и оценка вероятности, % среднесуточных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси выше ПДКс.с. (2)

Город	Взвешенные частицы		Диоксид азота		Диоксид серы		Оксид углерода	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Бобруйск	33,5	14,5	20,0	0,00	0,0	0,00	909,1	0,00
Брест	32,3	14,2	26,5	0,00	1,1	0,00	798,4	0,00
Витебск	35,9	15,0	28,2	0,00	0,0	0,00	710,0	0,00
Гомель	33,4	14,4	27,1	0,00	3,3	0,00	422,0	0,00
Гродно	81,4	26,6	32,0	0,00	0,0	0,00	1595,8	0,00
Минск	13,2	10,7	40,2	0,02	0,0	0,00	766,2	0,00
Могилев	27,8	13,3	45,1	0,05	0,0	0,00	929,7	0,00
Мозырь	42,1	16,3	9,5	0,00	0,0	0,00	395,2	0,00
Новополоцк	35,7	14,9	44,2	0,04	2,0	0,00	512,0	0,00
Орша	10,5	10,2	30,9	0,00	0,2	0,00	1810,6	0,02
Пинск	74,7	24,7	16,9	0,00	0,1	0,00	452,0	0,00
Полоцк	64,1	21,7	40,3	0,02	0,5	0,00	730,7	0,00
Светлогорск	35,6	14,9	17,6	0,00	1,5	0,00	988,0	0,00
Новогрудок	97,0	31,5	35,3	0,01		0,00	2171,6	0,73
Речица	87,5	28,5	27,1	0,00	0,1	0,00	1223,1	0,00

¹ – данные 2004 г.

Диоксид серы

Диоксид серы не является приоритетом в области охраны атмосферного воздуха; так, в 2004 г. лишь в одном замере (в Новополоцке) зафиксирована концентрация диоксида серы выше ПДКм.р. Стратегия будет состоять в основном в сохранении существующего положения. В качестве целевых показателей можно рекомендовать частоту допустимого превышения ПДКм.р. 1 %, ПДКс.с. – 1 день в году.

Диоксид азота

Превышения разовых концентраций ПДК наблюдаются в большинстве городов; периодически превышается также предельно допустимая средняя суточная концентрация. Число превышений ПДКм.р. может быть установлено на уровне 2 %, ПДКс.с. – 2 дня в году.

Оксид углерода

В последние годы редко превышает ПДК; в качестве целевого можно рекомендовать превышение ПДКм.р. 1%, ПДКс.с. – 4 дня в году.

Специфические загрязняющие вещества

В настоящее время вносят основной вклад в суммарное загрязнение воздуха, измеряемое по ИЗА. Источники загрязнения воздуха данными соединениями недостаточно ясны, поэтому сложно определить стратегию борьбы. В первую очередь необходимо выявить и оценить источники и причины повышенных концентраций данных веществ, а также степень совершенства измерительных методик.

Формальдегид

В большинстве городов Беларуси до недавнего времени средняя годовая концентрация формальдегида превышала ПДКс.с. (3 мкг/м³; в 2005 г. ПДКс.с. формальдегида была повышена до 12 мкг/м³) [1]. Так, в Гомеле в 2004 г. 200 дней из 307 с замерами концентрация формальдегида была выше ПДКс.с. Весьма высока была в по-

следние годы повторяемость разовых концентраций выше ПДКм.р. В такой ситуации установить определенный лимит среднесуточного содержания формальдегида не представлялось возможным. Необходимы специальные исследования причин, источников и факторов, обуславливающих современные уровни концентраций формальдегида в атмосферном воздухе.

Аммиак

Источники поступления в атмосферный воздух городов аммиака, как и формальдегида, выявлены и оценены недостаточно полно. В Европе аммиак не относят к веществам, определяющим качество воздуха в городах: его больше исследуют в связи с закисляющим и эвтрофирующим эффектом в отношении экосистем. В рекомендациях ВОЗ отсутствуют критерии для аммиака.

Фенол

Ситуация с фенолом в атмосферном воздухе вызывает меньше опасений в сравнении с формальдегидом, хотя вышесказанное по отношению к аммиаку и формальдегиду применимо и к фенолу. Достижимой может быть повторяемость максимальных разовых концентраций 4 %. Высокая повторяемость превышений среднесуточных концентраций фенола при незначительной повторяемости превышений разовых концентраций свидетельствует о повышенном его фоне, необходимости установления источников и переоценки принятых нормативов.

Предложенные целевые показатели по отношению к содержаниям основных загрязняющих атмосферный воздух веществ достижимы к 2010–2015 гг. Для установления более жестких показателей качества необходимо дополнительное обоснование, включающее оценку затрат на снижение воздействий на атмосферный воздух.

Сложнее с целевыми показателями для специфических загрязняющих веществ. Источники и причины загрязнения атмосферного воздуха веществами, рассматриваемыми в настоящее время как приоритетные, – формальдегидом, фенолом, аммиаком, пока недостаточно ясны. Поэтому первоочередными мерами будут выяснение факторов загрязнения воздуха этими веществами, изучение их стоков, процессов в атмосфере. Может быть также поставлен вопрос о пересмотре нормативов ПДК и программ изменений. Большинство из контролируемых специфических веществ не относится к приоритетным загрязнителям воздуха по критериям ВОЗ и документам ЕС. Как показано выше, в рекомендациях ВОЗ имеются лишь стандарты качества для

формальдегида ($100 \text{ мкг}/\text{м}^3$ при 30-минутном осреднении, средняя суточная не нормируется). Контроль данных веществ проводится в городах США, однако при оценке суммарного загрязнения воздуха они, как правило, не учитываются, а в Европе контролируются преимущественно на фоновых станциях.

Автор признателен Республиканскому центру радиационного контроля и мониторинга Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды за информацию о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларусь.

Л и т е р а т у р а

1. Гигиенические нормативы 2.1.6.12-46-2005. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Утверждено Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 19 декабря 2005 № 231 // Сб. официальных документов по коммунальной гигиене. Ч. 5. Мн. 2006.
2. Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006–2010 годы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Мн., 2006.
3. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года / Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь; Редколлегия: Я. М. Александрович и др. Мн., 2004.
4. Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010–2020 гг. / Под общ. ред. В. Ф. Логинова. Мн., 2004.
5. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2006 г. Мн., 2007.
6. Air Quality Guidelines for Europe Second Edition. WHO, 2000.
7. Air Quality Guidelines. Global Update 2005.
8. Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management.
9. Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air.
10. Directive 2000/69/EC of the European Parliament and the Council of 16 November 2000 relating to limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air.
11. Directive 2002/3/EC of the European Parliament and the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air.
12. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.
13. Thematic Strategy on Air Pollution. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament COM(2005) 446 final. Brussels, 21.9.2005.

С. В. Какарека

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

В статье предпринята попытка обоснования целевых показателей загрязнения атмосферного воздуха в городах Беларуси, базируясь на действующих ПДК загрязняющих веществ, рекомендациях ВОЗ и используя опыт ЕС.

Показано, что потенциал сокращения загрязнения атмосферного воздуха в Беларуси, происходившего в 1990-х гг. вследствие макроэкономических изменений и перестройки топливного баланса, в основном исчерпан. Сокращение выбросов, характерное для 1990-х гг., в последние годы сменилось для большинства загрязняющих веществ их увеличением. В связи с наметившимся экономическим ростом следует ожидать дальнейшего роста выбросов загрязняющих веществ при отсутствии адекватной стратегии в области регулирования воздействий на атмосферный воз-

дух. Представляется необходимым определение приоритетов в отношении качества атмосферного воздуха с учетом опыта других стран.

Приведен обзор основных директив и программ, определяющих стратегию охраны атмосферного воздуха в ЕС. Показано, что одним из основных принципов управления качеством атмосферного воздуха в ЕС является установление пороговых (допустимых) концентраций приоритетных загрязняющих веществ, соотнесенных с периодом времени, в течение которого эти концентрации не должны превышаться, а также установление потолков выбросов. С учетом опыта ЕС в качестве приоритетных направлений в охране атмосферного воздуха необходимо рассматривать наряду с установлением потолков выбросов принятие целевых критериев качества атмосферного воздуха (как национальных, так и местных) – установление максимальных уровней загрязнения атмосферного воздуха, которые не должны превышаться чаще определенного числа раз в году после установленного срока.

С учетом выполненного анализа динамики загрязнения атмосферного воздуха, выявленных трендов и прогноза выбросов предложена система показателей его качества, основанных на частоте встречаемости концентраций приоритетных загрязняющих веществ, превышающих максимальные разовые и среднесуточные ПДК. Предложены целевые уровни по отношению к содержанию основных загрязняющих атмосферный воздух веществ. Для специфических загрязняющих веществ (формальдегида, фенола, аммиака и др.) целевые показатели предложить пока сложно. Источники и факторы, обуславливающие уровни загрязнения ими атмосферного воздуха, пока недостаточно ясны. Необходимы дальнейшие исследования.

S. Kakareka

AIR QUALITY REGULATION SYSTEM AND TARGET VALUES OF AIR POLLUTANTS CONCENTRATIONS

The paper is devoted to determination of target values of air pollution in the cities of Belarus basing upon current Maximum Permissible Concentrations, WHO recommendations and EC experience.

It is shown, that potential of air contamination reduction in Belarus, which occurred in the 90th due to macroeconomical changes and fuel balance restructure is mainly exhausted. Reduction of emissions typical for 90th in the last years was replaced by their growth. Due to economical growth increase in emissions should be expected if not supported by adequate strategy in regulation of air impacts. It seems necessary to set priorities in air quality taking into consideration experiences of other countries.

In the paper overview of main directives and programs in air protection in EC is given. It is shown, that main principles of air quality regulation in EC are the establishment of limit concentration values of priority pollutants together with date to which these values should be achieved. Taking into consideration EC experience in air quality management as priority determination of target limit values of air pollutants on the national and local levels which should not be exceeded after established date more than certain times.

By results of analysis of dynamics of air pollution in the cities of Belarus, emission trends and projections a set of indicators of air pollution based upon share of concentrations of priority pollutants exceeding established air quality standards. Target limit values for main air pollutants (nitrogen dioxide, sulphur dioxide, carbon oxide, TSP) were proposed. But it is shown that for specific pollutants (formaldehyde, phenol, ammonia etc.) target values can hardly be suggested now: this is due to complexity of behavior of these pollutants in the environment, their emissions and sinks and dynamics. Further investigations are necessary.

УДК 504.062(476)

М. И. Струк

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛАРУСИ

В статье оцениваются геоэкологические последствия качественных и пространственных изменений структуры землепользования Беларуси. Приводится динамика основных видов угодий за период с 1970 по 2006 г. Характеризуются особенности пространственной трансформации структуры землепользования путем расчетов индексов территориальной концентрации основных ее видов и построения соответствующих картосхем. Исходя из изменений в землепользовании формулируются требования к организации природоохранной деятельности.

Структура земельных угодий территории относится к числу основных факторов, которые должны учитываться при организации деятельности по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов в ее пределах. Связано это, во-первых, с тем, что различные виды землепользования определяют различия в характере воздействий на среду. Во-вторых, соотношения площадей угодий с сохранными в естественном или близком к таковому состоянии природными комплексами, с одной стороны, и измененных в результате человеческой деятельности – с другой, служат основой для оценок эколого-хозяйственного состояния территории [1] или природного равновесия в ее пределах [6].

Структура землепользования – динамичный фактор. Ее изменения обусловливают необходимость соответствующей корректировки природоохранной деятельности. При этом следует принимать во внимание два аспекта подобного рода изменений – качественный и пространственный. Первый из них отразит изменения в соотношениях различных видов угодий для территории в целом, второй – таковые в ее отдельных частях [5].

Происходящие в структуре землепользования Беларуси изменения, в т. ч. их прогноз, к настоящему времени изучены достаточно детально [2–4]. Вместе с тем пространственные особенности этих изменений и вытекающие из них требования к организации природоохранной деятельности нуждаются в уточнении, чему и посвящена статья.

В ходе исследования решались две основные задачи, которые касались геоэкологической оценки соответственно качественных и пространственных изменений в структуре землепользования.

Материалами для исследования послужили данные Государственного земельного кадастра. Рассматривались такие виды земель, как сельскохозяйственные и отдельно пахотные, лесные, болота, земли под водой и под застройкой. Территориальной единицей исследования выступил административный район. Чтобы выявить специфику изменений в землепользовании

в связи с произошедшими в Беларуси в начале 90-х годов прошлого столетия политico-экономическими преобразованиями, для изучения принят временной интервал с 1970 по 2006 г. Он охватывает период как планового развития экономики республики в составе Советского Союза, так и перехода к рыночным отношениям в статусе независимого государства.

Оценка качественных изменений структуры землепользования. Основным видом земель по занимаемой площади в Беларуси на протяжении всего рассматриваемого периода являлись сельскохозяйственные земли (табл. 1). В их внутренней структуре преобладают пахотные угодья, которые занимают более 60 % общей площади сельскохозяйственных земель.

Для сельскохозяйственных земель характерна общая тенденция к сокращению занимаемой ими территории. Касается она как данного вида угодий в целом, так и их пахотной составляющей. Причем влияния политico-экономических преобразований на динамику сельскохозяйственных земель не прослеживается. Последовательное уменьшение их площади происходило как в 70-е–90-е гг. XX в., так и в первые годы XXI в. По-видимому, в такой динамике отражается закономерное сокращение площади сельскохозяйственных земель, сопровождающее процесс интенсификации отрасли, независимо от того, в рамках какой экономической системы – плановой или рыночной – подобная интенсификация осуществляется.

В отличие от сельскохозяйственных угодий в целом, площадь пахотных земель стала снижаться только в 2000-е годы, когда получил развитие целенаправленный вывод из оборота малопродуктивных угодий.

Вторым по площади распространения видом земель в стране являются лесные земли (включая кустарники). Им, наоборот, присуща тенденция к расширению занимаемой территории, и с течением времени разница между долей сельскохозяйственных и лесных земель сокращалась. Если в 1970 г. она составляла 9,3 %, то в 2006 г. свелась к нулю, т. е. площади двух этих видов земель сравнялись.

Таблица 1. Динамика структуры земельного фонда Беларуси за 1970–2006 гг., %

Вид земель	Год				
	1970	1980	1990	2000	2006
Сельскохозяйственные, всего	48,4	46,5	45,6	44,7	43,3
в т. ч. пахотные	29,9	29,9	29,3	29,8	26,7
Сенокосы и пастбища	16,9	15,7	15,1	14,3	15,9
Лесные	39,1	39,9	39,6	40,5	43,3
Болота	4,4	4,5	4,6	4,6	4,3
Под водой	1,8	2,2	2,3	2,3	2,3
Застроенные	2,9	2,9	3,4	4,3	4,0
Прочие	3,5	2,9	4,5	3,8	2,8

Сельскохозяйственные и лесные земли вместе занимают 86,6 % территории страны, поэтому они в решающей мере определяют структуру земельного фонда.

Среди остальных видов земель положительной динамикой по сравнению с 1970 г. характеризуются земли под водой и застройкой. Однако площадь обводненных земель практически стабилизировалась к 80-м годам. К этому времени в стране были в основном реализованы наиболее крупные проекты гидротехнического строительства.

Площадь застроенных земель достигла максимального значения к 2000 г., а затем начала снижаться, что, вероятно, можно объяснить сносом нежилых поселений. Доля болот на всем рассматриваемом временном отрезке оставалась практически неизменной.

В целом структура землепользования Беларуси является благоприятной в экологическом отношении. В ней преобладают земли с сохранившимися в естественном или близком к естественному состоянию природными комплексами (леса, луга, болота, водоемы). Они занимают 2/3 территории страны.

Согласно имеющимся оценкам, для сохранения экологического равновесия в природной зоне смешанных лесов, к которой относится и территория Беларуси, достаточно, чтобы такие земли занимали 30–35 % [5]. В стране данный показатель превышен примерно в 2 раза. Высокая степень сохранения в пределах Беларуси естественных природных комплексов дает основание рассматривать территорию страны как фактор экологической стабилизации для всего Восточно-Европейского региона.

Со временем соотношение различных видов земель в Беларуси изменилось в экологически благоприятном направлении. В 2006 г. доля угодий с природными комплексами, сохранившимися в состоянии, близком к естественному, увеличилась по сравнению с 1970 г. на 3,6 %, а преобразованных человеческой деятельностью – уменьшилась на 2,1 %.

Имеются предпосылки для сохранения подобной направленности в изменении структуры землепользования. Связаны они главным обра-

зом с продолжением вывода из оборота мало-продуктивных пахотных угодий и их переводом в лесные и луговые земли [2]. Намеченное в стране строительство малых гидроэлектростанций будет способствовать увеличению обводненности, а повторное заболачивание выработанных торфяников – заболоченности территории. Прогнозируемое сокращение населения Беларуси также создаст благоприятные для сохранения природных угодий условия.

Оценка пространственных изменений структуры землепользования. Для выявления пространственных изменений в структуре землепользования применялся метод, основанный на использовании индекса территориальной концентрации Б. Ц. Урланиса [7] и построении соответствующих картосхем. Данный индекс рассчитывается по доле, которую в общей площади страны занимают территории соответственно: 1) с наивысшим уровнем распространения того или иного вида угодий, где сосредоточено 50 % их площади; 2) со средним уровнем (25 %); 3) с низким уровнем (25 %).

Динамика индексов территориальной концентрации различных видов земель показывает, что степень концентрации одних из них повышается, других – понижается (табл. 2). Первое относится к сельскохозяйственным, в т. ч. пахотным, а также застроенным землям, второе – к лесам, болотам и землям под водой. Так, территория, занятая сельскохозяйственными и пахотными землями, которые входят в группу районов с наивысшей их концентрацией, уменьшилась за 35 лет на 1,1 %, застроенных земель – на 2,2 %. Аналогичная территория, занятая лесами, за тот же период увеличилась на 1,7 %, болотами – на 2,1 %, под водой – на 3,9 %.

Повышение уровня концентрации сельскохозяйственных угодий свидетельствует о происходящем с течением времени усилении избирательности в сельскохозяйственном использовании территории. Если в 1970 г. для сельскохозяйственных целей использовалось больше земель, в т. ч. менее плодородных, то к 2006 г. часть из них была выведена из оборота и производство в большей мере стало ориентированным на плодородные земли.

Таблица 2. Динамика индексов территориальной концентрации основных видов земель на территории Беларусь за 1970–2006 гг., %

Вид земель	Индекс	Год			
		1970	1980	1990	2006
Сельскохозяйственные	1	40,2	39,4	39,5	39,1
	2	26,0	25,2	25	24,6
	3	33,8	35,4	35,5	36,3
Пахотные	1	36,6	36,5	36,7	35,5
	2	25,5	24,8	25,3	25,2
	3	37,9	38,7	38,0	39,3
Лесные	1	37,4	37,9	38,5	39,1
	2	25,1	25,5	25,5	25,4
	3	37,5	36,6	36,0	35,5
Болота	1	20,3	19,6	20,1	22,4
	2	22,5	22,3	24,0	26,8
	3	57,2	58,1	55,9	50,8
Под водой	1	22,2	25,6	24,5	26,1
	2	27,0	26,2	27,0	26,5
	3	50,8	48,2	48,5	47,4
Под застройкой	1	40,8	40,8	40,4	38,5
	2	26,0	25,6	26,0	25,9
	3	33,2	33,6	33,6	35,6
Пахотные и под застройкой	1	37,5	37,8	37,8	35,3
	2	24,9	24,5	25,5	25,8
	3	37,6	37,7	36,7	38,9
Природные угодья (лесные, луговые, болота, земли под водой)	1	42,7	42,6	43,2	43,3
	2	25,3	25,8	25,6	25,7
	3	32	31,6	31,2	31

Отмеченное усиление избирательности подтверждается и количественным анализом связи между степенью сельскохозяйственного освоения территории административных районов и баллом бонитета сельскохозяйственных угодий. Так, в 1970 г. коэффициент корреляции, отражающий эту связь, составлял 0,51. В 2005 г. он увеличился до 0,62. Применительно к пахотным угодьям аналогичный коэффициент повысился с 0,63 до 0,71. Средний взвешенный балл плодородия почв сельскохозяйственных угодий в районах первой группы, которые имеют наиболее высокий уровень сельскохозяйственного освоения, увеличился по сравнению с 1970 г. на 0,8, а пахотных земель – на 0,6 балла.

Районы с самым высоким сельскохозяйственным освоением территории в 1970 г. размещались компактным ареалом в восточной части страны и мозаично – в западной части (рис. 1). В 2005 г. отмеченный ареал, охватывавший восточные части Могилевской, а также Витебской и Гомельской областей, оказался раздробленным, чему, по-видимому, способствовал вывод из оборота угодий, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

В то же время увеличилось количество районов с наивысшим сельскохозяйственным освоением в Минской и Гродненской областях, благодаря чему их разрозненное в прошлом размещение приобрело относительную целостность. Указанные области обладают самым высоким в Беларусь баллом плодородия почв сельскохозяйственных угодий, повышение их значения в

распределении сельскохозяйственных угодий, очевидно, отражает происходящий в стране процесс перевода сельского хозяйства на более плодородные земли.

Аналогичные сельскохозяйственным землям изменения произошли и в распространении пахотных угодий. Заметно перемещение районов с высокой долей этих угодий из восточной части страны в центральную и западную.

В ландшафтном отношении наиболее распаханными являются провинции Белорусская возвышенная и Восточно-Белорусская. Они же относятся к самым эрозионно опасным. Отсюда относительно высокий уровень эрозии пахотных почв в стране.

Самым низким уровнем распаханности отличаются Поозерская и Полесская провинции. Здесь более сложные условия для сельского хозяйства, связанные в первой из них с мелкоконтурностью угодий, во второй – с высокой заболоченностью. Однако проведение мелиоративных работ в Полесье привело к увеличению в его западной части территории с высокой долей пахотных земель.

Более низкий по сравнению с другими ландшафтными провинциями и продолжающий понижаться уровень сельскохозяйственного освоения, в т. ч. распаханности, в Поозерской провинции объективно способствует предотвращению загрязнения расположенных здесь многочисленных озер. Тем самым улучшаются условия рекреационного использования данной территории.

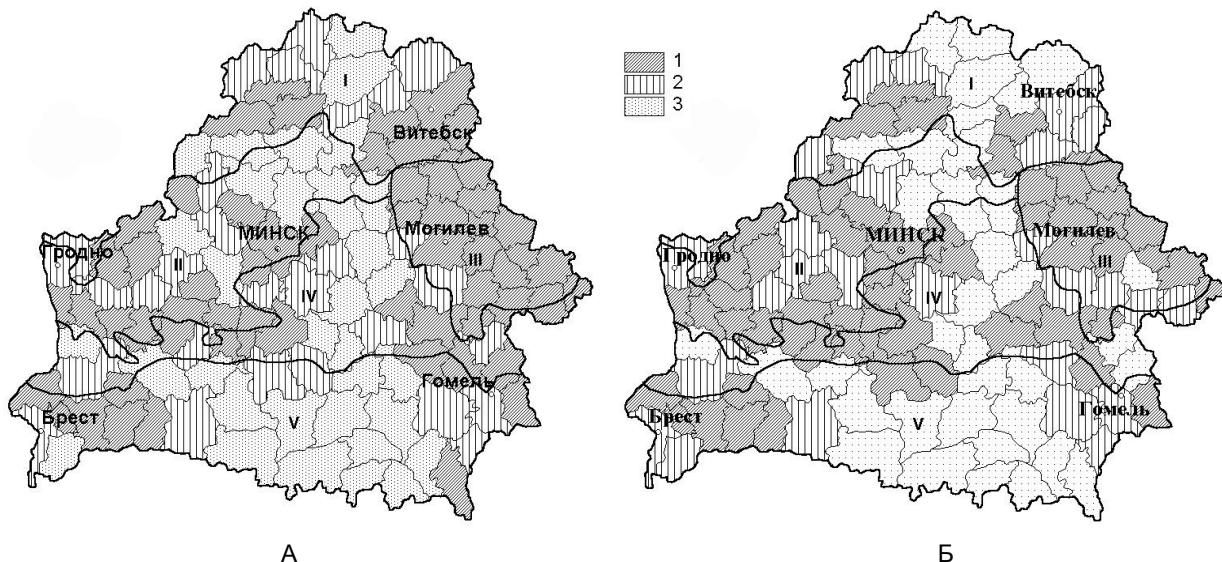


Рис. 1. Территориальная концентрация сельхозугодий на территории Беларуси по состоянию на 1.01. 1970 г. (А) и на 1.01. 2006 г. (Б): 1 – районы с наивысшей концентрацией сельхозугодий; 2 – районы со средней концентрацией сельхозугодий; 3 – районы с низкой концентрацией сельхозугодий. Ландшафтные провинции: I – Поозерская озерно-ледниковых, моренно- и холмисто-моренно-озерных ландшафтов; II – Белорусская возвышенная холмисто-моренно-эрэзационных и вторично-моренных ландшафтов; III – Восточно-Белорусская вторично-моренных ландшафтов; IV – Предполесская вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов; V – Полесская аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов

Процесс перевода сельского хозяйства на более плодородные земли планируется продолжить. Поэтому можно ожидать дальнейшего повышения уровня концентрации сельскохозяйственных угодий. Соответственно интенсивность воздействий на природную среду районов с плодородными и удобными для обработки почвами возрастет, а районов с худшими по качеству почвами снизится.

В распределении застроенных земель на территории Беларуси подобного рода связь про-

слеживается с уровнем ее распаханности, плотностью сельского населения и размещением городских поселений различной величины (рис. 2). Так, более застроенными являются, как правило, районы, на территории которых находятся крупные и большие города и где имеет место высокая доля пахотных земель и плотность сельского населения. В 2005 г. по сравнению с 1970 г. в застройке территории возросло значение районов, которые располагаются в центральной части страны в Минской области.

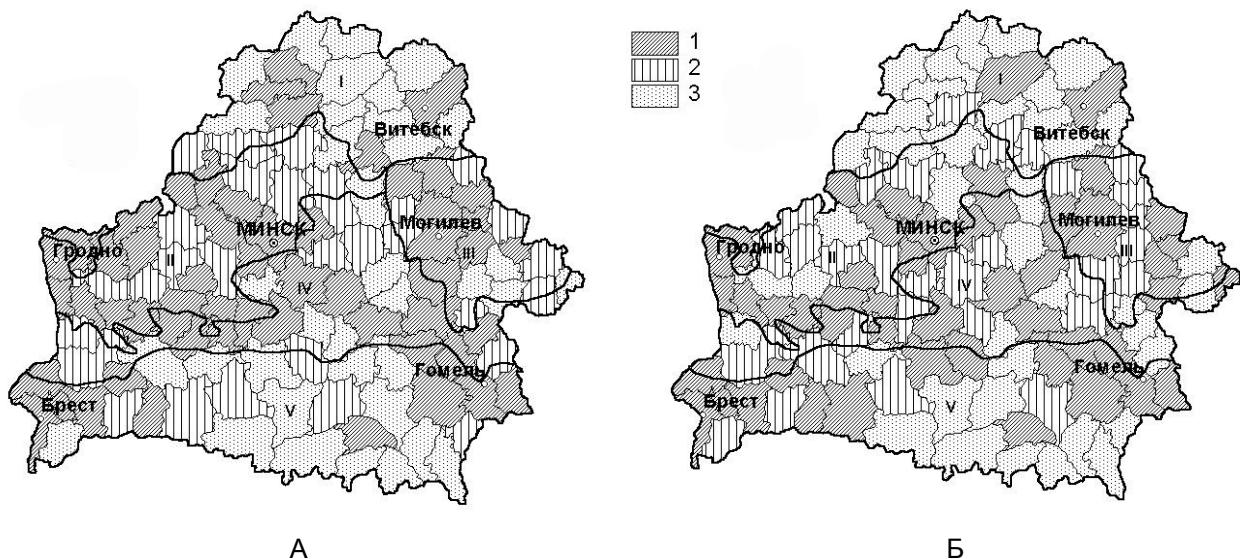


Рис. 2. Территориальная концентрация земель под застройкой на территории Беларуси по состоянию на 1.01. 1970 г. (А) и на 1.01. 2006 г. (Б). Условн. обозн. см. на рис. 1

Уменьшение степени территориальной концентрации затронуло виды земель с малоизмененными природными комплексами. Это свидетельствует об усилении равномерности в их размещении и имеет положительное экологическое значение. Отмеченные виды земель – леса, болота, водоемы – играют средоформирующую роль, и расширение их распространения означает повышение естественного экологического потенциала районов.

В уровне концентрации лесных земель на территории страны проявляется обратная зависимость по сравнению с размещением сельскохозяйственных угодий (рис. 3). Районы с высокой долей последних отличаются сравнительно низкой лесистостью, и наоборот, мало освоенные в сельскохозяйственном отношении территории имеют максимальную лесистость. Наиболее зале-

сенные земли сплошной полосой пересекают территорию Беларуси в направлении с севера на юг.

Что касается распределения лесов и кустарников за период с 1970 по 2005 г., то их доля увеличилась в северной части страны. В итоге образовалось два связанных между собой ядра лесных земель: одно в Поозерской и одно в Полесской ландшафтной провинции.

В размещении болот выделяются два больших ареала их концентрации (рис. 4). Один из них расположен в южной части страны, в Полесской ландшафтной провинции, здесь преобладают низинные болота; второй – в северной части, в Поозерской провинции, где сконцентрированы главным образом верховые болота. За промежуток времени с 1970 г. пространственное распределение болот существенно не изменилось.

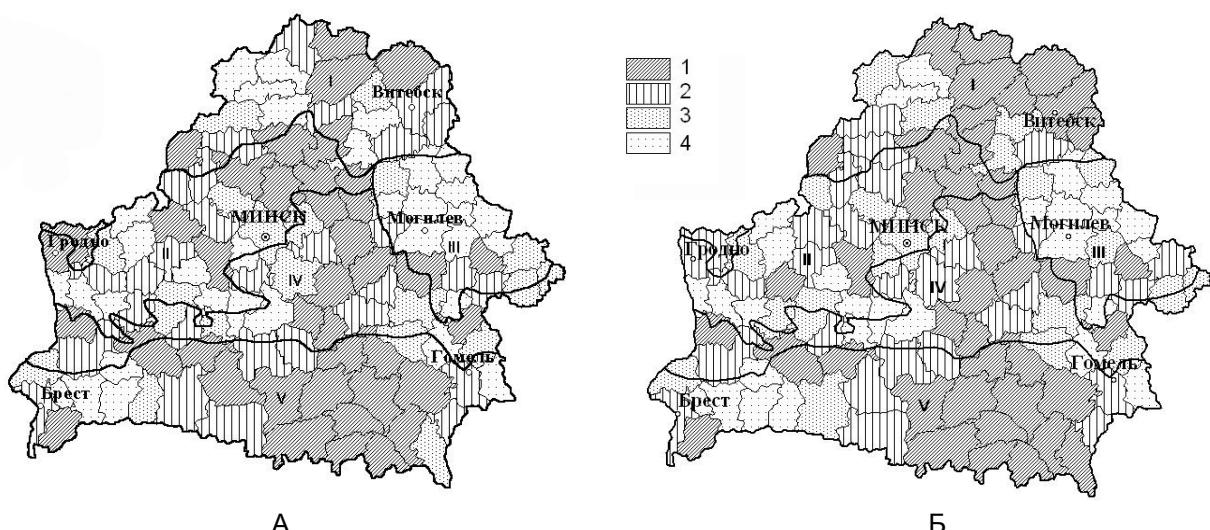


Рис. 3. Территориальная концентрация лесных угодий на территории Беларуси по состоянию на 1.01. 1970 г. (А) и на 1.01. 2006 г. (Б). 1 – районы с наивысшей концентрацией лесных угодий; 2 – районы со средней концентрацией лесных угодий; 3 – районы с низкой концентрацией лесных угодий; 4 – районы с лесистостью ниже 30 %. Условн. обозн. ландшафтных провинций см. на рис. 1

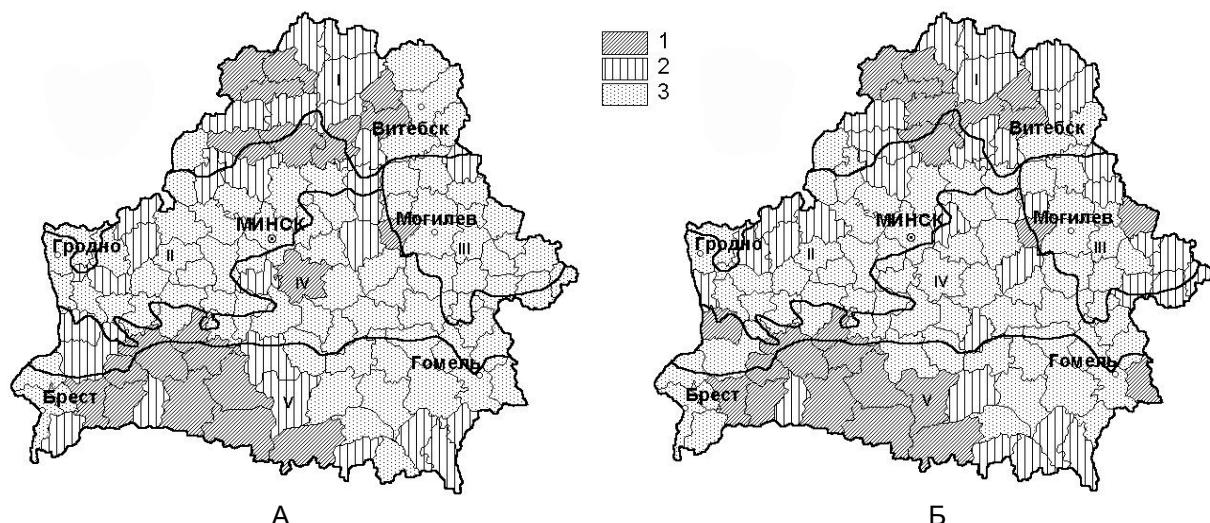


Рис. 4. Территориальная концентрация болот на территории Беларуси по состоянию на 1.01. 1970 г. (А) и на 1.01. 2006 г. (Б). Условн. обозн. см. на рис. 1

Наиболее обводненной частью Беларуси является Поозерская ландшафтная провинция, где и сосредоточена основная часть районов, имеющих в своем составе самую высокую долю земель под водой (рис. 5). Наряду с естественными причинами, обусловливающими пространственное распространение данного вида земель, существенное значение имеют и искусственные водоемы. Причем роль последних со временем увеличивается.

Так, благодаря строительству искусственных водоемов сформировался ареал обводненной территории в центральной части Полесской ландшафтной провинции. За счет этого снизилось значение районов, по которым протекают большие реки. Подобное снижение произошло, в частности, для районов Гомельской области, по которым протекают рр. Днепр и Сож. В 1970 г. к наиболее обводненным относились три таких района – Гомельский, Лоевский и Брагинский, а в 2006 г. остался только один из них – Лоевский.

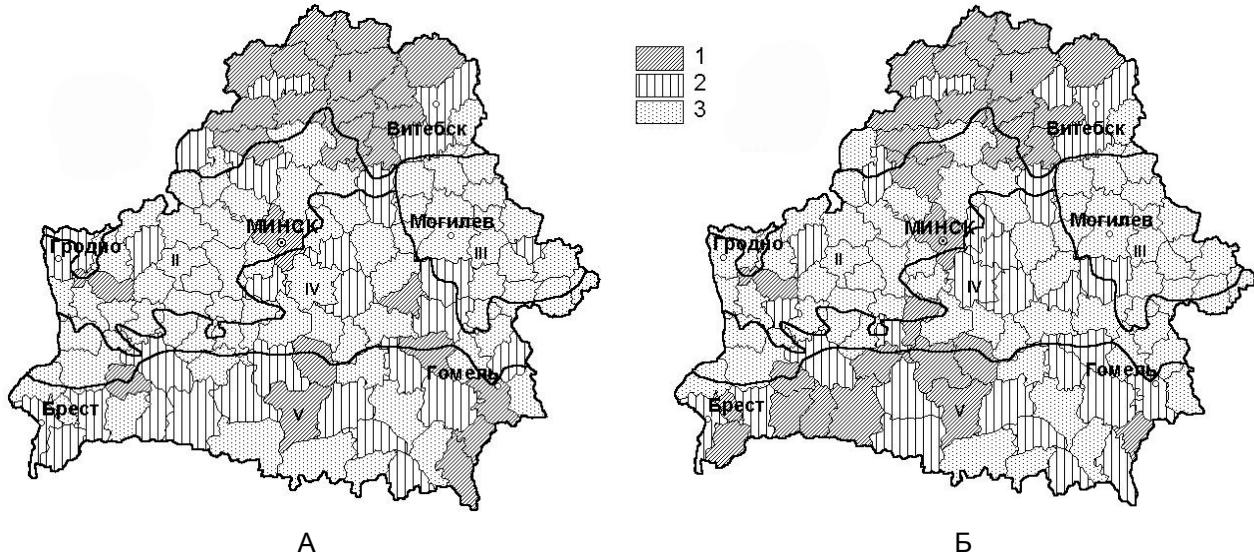


Рис. 5. Территориальная концентрация земель под водой на территории Беларуси по состоянию на 1.01. 1970 г. (А) и на 1.01. 2005 г. (Б). Условн. обозн. см. на рис. 1

В распределении по территории страны земель, образующих в совокупности природную составляющую структуры землепользования (лесных, луговых, болотных, под водой), прослеживается сходство с распространением лесов, поскольку леса по занимаемой ими площади превосходят остальные элементы данной составляющей (рис. 6). Выделяются два крупных ареала подобного рода земель. Один из них находится в Поозерской, второй в Полесской ландшафтной провинции. Их соединяет полоса с малоизмененными природными комплексами, которую образуют приграничные районы Минской и Могилевской областей.

В связи с уменьшением площади пахотных земель количество районов с высоким уровнем сохранения природных комплексов в Поозерской провинции со временем увеличилось. В Полесской, наоборот, благодаря проведению мелиоративных работ произошло их снижение, затронувшее ее западную часть.

При прогнозируемом расширении площади с естественными природными комплексами в целом на территории страны должно произойти ее расширение и в обеих упомянутых ландшафтных провинциях. В Поозерской провинции этому бу-

дет способствовать вывод из сельскохозяйственного оборота мелкоконтурных и иных сложных для обработки пахотных угодий, которые здесь распространены в большей мере, нежели в других частях страны, в Полесской провинции – предусмотренный Государственной программой возрождения села перевод пахотных земель на торфяных почвах в луговые.

Таким образом, изменения структуры землепользования Беларуси характеризуют две основные тенденции. Одна из них связана с увеличением в ней доли природной составляющей, представленной лесами, лугами, болотами, водными объектами и уменьшением антропогенной составляющей, представленной пахотными и застроенными землями; вторая – с усилением поляризации в использовании территории, которая проявляется в росте концентрации хозяйственно освоенных земель на ограниченных площадях.

Увеличение площади, занятой природными комплексами, само по себе объективно способствует оптимизации природной среды, поскольку повышает экологический потенциал территории страны. Создаются более благоприятные условия для формирования национальной экологической сети, природных ядер общеевропейского

значения, а также транзитных экологических коридоров, соединяющих экологические сети стран Европейского Союза и России. Тем самым создаются предпосылки сохранения природного

равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия, увеличения естественного ресурсного потенциала растительного и животного мира на национальном уровне.

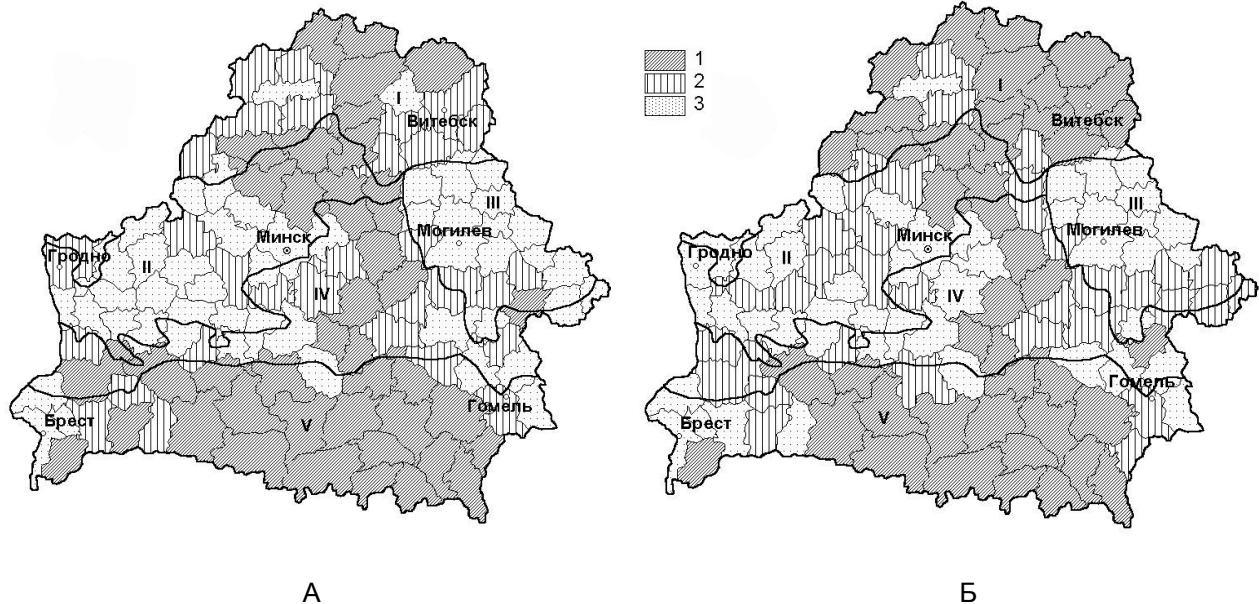


Рис. 6. Изменения территориальной концентрации природных угодий на территории Беларуси за 1970-2005 гг. А – 1970 г., Б – 2006 г. Условн. обозн. см. на рис. 1

В то же время, рост концентрации сельскохозяйственных и особенно пахотных земель на территориях с более плодородными землями, который сочетается с происходящей на данном этапе развития отрасли ее интенсификацией, сопровождающейся увеличением применения удобрений, средств защиты растений, сосредоточением производства молока и мяса на крупных животноводческих комплексах, предопределяет и усиление нагрузок на природную среду этих территорий, что должно стать обоснованием для проведения оптимизационных мероприятий.

Эти мероприятия должны быть направлены главным образом на предотвращение деградации

почв, недопущение загрязняющего влияния сельскохозяйственного производства преимущественно на водные ресурсы, а также сохранение (создание) элементов – соединительных звеньев экологической сети, обеспечивающих ее непрерывность. Именно на таких территориях в первую очередь следует внедрять почвозащитные технологии обработки земель, формировать оптимальную пространственную организацию угодий, а также создавать необходимую экологическую инфраструктуру, предназначенную для охраны ресурсного потенциала и обеспечения благоприятной среды проживания людей.

Л и т е р а т у р а

1. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск, 1999.
2. Кузнецова Г. И., Долженков А. М., Мороз Г. М. Оптимизация землепользования и совершенствование специализации сельскохозяйственного производства в целях повышения эффективности земель // Международный аграрный журнал. 2000. № 11. С. 26–32.
3. Помелов А. С., Яцухно В. М. Земельные ресурсы Беларуси и устойчивое развитие аграрного природопользования // Природные ресурсы. 2002. № 3. С. 36–43.
4. Прогноз изменения окружающей среды Беларуси на 2010–2020 гг. / Под ред. В. Ф. Логинова. Мин., 2004.
5. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М., 1990.
6. Струк М. И. Региональные особенности оптимизации окружающей среды Беларуси. Мин., 2007.
7. Урланиц Б. Ц. Теория статистики. М., 1962.

M. I. Струк**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ
СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛАРУСИ**

Оценены геоэкологические последствия качественных и пространственных изменений структуры землепользования Беларуси. Определена динамика основных видов угодий за период с 1970 по 2006 г. Охарактеризованы особенности пространственной трансформации структуры землепользования: рассчитаны индексы территориальной концентрации основных ее видов и построены соответствующие картосхемы. Выявлены тенденции к увеличению в землепользовании доли природной и уменьшению – антропогенной составляющей, а также к усилению поляризации в использовании территории. Сделаны выводы об улучшении в Беларуси предпосылок для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, с одной стороны, и необходимости активизации природоохранной деятельности по формированию экологической инфраструктуры в районах, где повышается уровень хозяйственного освоения.

M. I. Struk**GEOLOGICAL AFTERMATH OF TRANSFORMATION
OF BELARUS LAND-USE STRUCTURE**

Geological aftermath of qualitative and spatial changes of Belarus land-use have been assessed. The dynamics of main types of lands for the period from 1970 to 2006 has been determined. The features of spatial land-use structure transformation have been characterized: the indices of territorial concentrations of its main types were calculated and corresponding chart-schemes have been made. The tendencies to the increase in land-use of the share of natural and to the reduction – of anthropogenic gradient, as well as to the enforcement of polarization in a territory use have been carried out. Conclusions have been made about the improvement in Belarus prerogatives for conservation of biological and landscape diversity, from one hand, and necessity to activate nature protective activity in regions with increasing economical cultivation level.

М. И. Струк

УЧЕТ ИНТЕРЕСОВ ГОРОДА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИГОРОДНОГО РАЙОНА

Приведены требования к организации экологической сети пригородного района, исходя из необходимости выполнения ею функций сохранения природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия на национальном и местном уровнях, а также формирования городской среды. Оценена организация экологической сети Минского района, представленная в схеме его землеустройства. Сформулированы предложения по ее оптимизации с учетом экологических интересов города.

Обеспечение устойчивого развития города предполагает формирование в его пределах благоприятной для проживания людей окружающей среды. При этом недостаточно ограничиться проведением природоохранных мер только на собственно городской территории.

Город является открытой системой, которая связана с внешним окружением вещественно-энергетическими потоками. Поэтому качество его среды зависит и от состояния прилегающей к нему территории, в частности организации ее природного комплекса. В последние годы в Беларусь получила распространение такая форма подобной организации, как экологическая сеть [6].

При формировании экологической сети на прилегающей к городу территории, очевидно, следует принимать во внимание и его экологические интересы. Между тем подходы к такой организации разработаны недостаточно.

В ходе исследования следовало решить следующие задачи:

- определить требования, предъявляемые к экологической сети как форме организации природных комплексов района;
- определить функции экологической сети применительно к пригородному району;
- опираясь на установленные функции, оценить подходы к ее организации;
- разработать предложения по организации экологической сети района с учетом интересов города.

Исследование выполнено применительно к Минскому административному району. Территория данного района примыкает к Минску, который является крупнейшим в стране, в силу чего обеспечение в его пределах благоприятной окружающей среды, в т.ч. за счет формирования экологической сети в пригородном районе, имеет особенно важное значение.

Экологическая сеть как форма организации природных комплексов района. Экологическая сеть предназначена для поддержания на территории природного равновесия, сохранения биологического и ландшафтного разнообразия. Ее образуют мало измененные человеческой

деятельностью природно-территориальные комплексы со специальными режимами природопользования, обеспечивающие естественные процессы движения живых организмов, энергии и вещества.

Подходы к формированию экологической сети для территории страны разработаны Институтом зоологии НАН Беларусь. Она организуется как пространственно целостная система природных ядер, связанных между собой экологическими коридорами. Для предотвращения их нарушений устанавливаются буферные зоны. Кроме этого, с целью восстановления экологического потенциала выделяются восстановительные зоны.

В качестве ядер выступают сохранившиеся в естественном или близком к таковому состоянии природные комплексы, характеризующиеся высокими показателями биологического и ландшафтного разнообразия. Экологическими коридорами являются долины рек, лесные массивы, отдельные участки сельскохозяйственных угодий, выступающие руслами миграции генофонда. Выделяются два типа таких коридоров – водные и лесные.

Буферные зоны формируют примыкающие к основным элементам экологической сети территории, обладающие определенным биологическим и ландшафтным разнообразием (рекреационные, сельскохозяйственно-лесные, водохозяйственные, лесохозяйственные) и не оказывающие неблагоприятного влияния на соседние природные комплексы. Восстановительные зоны – это территории с высоким, но сильно измененным потенциалом биологического разнообразия, который следует восстановить.

Для оптимального размещения элементов экологической сети разрабатываются специальные перспективные схемы. На ближайшие 10 лет разработана «Схема рационального размещения особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь на 2006–2015 гг.». В организации национальной экологической сети применен иерархический принцип, согласно которому в ее составе выделяются элементы международного, национального и регионального уровней.

Указанная схема должна рассматриваться как планировочная основа для формирования экологических сетей применительно к территории различных административных единиц – областей и районов. Сохранение природных комплексов, выступающих в качестве элементов национальной экологической сети, является для этих единиц обязательным планировочным требованием. Оно призвано обеспечить общенациональные интересы и международные обязательства страны в области сохранения природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия.

Вместе с тем у административных единиц имеются и свои собственные интересы в этой области. Поэтому экологическая сеть на уровне областей и районов должна формироваться, исходя из сочетания национальных и местных интересов.

Обоснование оптимальной пространственной структуры экологической сети административного района следует проводить в два этапа. На первом из них определяется положение рассматриваемой территории в системе национальной экологической сети, и принимаются необходимые планировочные решения по предотвращению нарушений включаемых в ее состав природных комплексов. На втором формулируются местные интересы по сохранению природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия и предлагаются меры по их соблюдению.

Функции экологической сети Минского района. Территория Минского района отличается более высоким уровнем хозяйственного освоения по сравнению с Минской областью и страной в целом. Здесь нет крупных природно-территориальных комплексов, которые могли бы выступить ядрами экологической сети международного или национального уровней.

Вместе с тем территория Минского района располагается на пространстве между двумя ядрами национальной экологической сети. Одно из них – европейского значения – примыкает к границам района с севера. Его образуют Березинский биосферный заповедник, перспективный национальный парк «Белая Русь», перспективные заказники «Березина-Гайна», «Борисовский», «Гайна-Бродня». Второе ядро – национального значения – находится к западу от границ района. Оно формируется перспективными заказниками «Налибокский» и «Графская пуща».

Подобное расположение Минского района обусловило отнесение природных комплексов, которые находятся в его северо-западной части, к экологическому коридору европейского значения. Это лесной коридор. В его состав входят еловые, сосновые, широколиственно-еловые, широколиственно-сосновые и мелколиственные леса.

Указанный экологический коридор в пределах Минского района, являясь составной частью национальной экологической сети, очевидно, может одновременно рассматриваться и как элемент местной экологической сети. При этом он будет ориентирован на выполнение преимущественно внешней функции – сохранения природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия на уровне страны в целом.

Наряду с выполнением внешней функции у Минского района, как и у любой иной административной единицы, имеются и свои собственные внутренние потребности в сохранении природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия. Способом ее решения выступает создание в пределах района пространственно взаимосвязанной системы наиболее ценных в экологическом отношении природных комплексов.

Вместе с тем Минский район имеет свою специфику, которая заключается в его пригородном положении. Территория района непосредственно примыкает к границам крупнейшего города, каковым является Минск. В силу этого она играет особенно важную роль в формировании его природной среды. Отсюда следует еще одна задача, которая возлагается на экологическую сеть пригородного района, решение которой и должно способствовать оптимизации окружающей природной среды города.

Природные комплексы – элементы экологической сети пригородной территории, – оказывают благоприятное влияние на городскую среду. Однако вызываемый ими экологический эффект повышается в случае их увязки с природными комплексами самого города. Отсюда планировочное требование к созданию для города и окружающей его территории единой системы открытых и озелененных пространств [3].

В качестве оптимальной модели взаимоувязанной пространственной организации природных комплексов собственно города и экологической сети прилегающей к нему территории можно принять систему зеленых клиньев [2]. Эти клинья должны формироваться преимущественно лесными массивами, которые проникают с пригородной территории в пределы города и соединяются там с городскими зелеными насаждениями.

В роли подобного рода клиньев, по-видимому, могут выступать и речные долины со слагающими их водными и луговыми экосистемами. По ним в город беспрепятственно поступают воздушные потоки, осуществляется миграция живых организмов.

Необходимость выполнения экологической сетью Минского района всех трех названных функций следует принять как исходное базовое положение для формирования ее пространственной структуры. Она должна соответствовать требованиям, во-первых, сохранения непрерыв-

ной системы лесных земель, входящих в состав экологического коридора национальной экологической сети; во-вторых, создания целостной системы экологических ядер, коридоров, буферных и восстановительных зон, обеспечивающей необходимый для района уровень природного равновесия; в-третьих, быть пространственно связанный с природными комплексами города.

Оценка организации экологической сети, предложененной в схеме землеустройства

Минского района. Основу экологической сети любого района образуют создаваемые в его пределах особо охраняемые природные территории (ООПТ). Современные ООПТ Минского района представлены двумя типами – заказниками и памятниками природы (таблица). Внутри каждого из этих типов существуют различия по рангу. Как заказники, так и памятники природы могут быть республиканского или местного значения.

Таблица. Особо охраняемые природные территории Минского района

Наименование	Тип	Год создания	Площадь, га	Местонахождение
Заказники республиканского значения				
Прилукский	Ландшафтный	1977	510,0	Минский район
Купаловский	Ландшафтный	2000	3 834,0	Минский и Логойский районы
Прилепский	Ландшафтный	2000	3 242,0	Минский район
Трековщина	Ландшафтный	2001	796,5	Минский район
Лебяжий	Биологический	1984	51,0	Минский район
Кайковский	Биологический	1986	1 190,0	Минский район
Подсады	Биологический	1999	1 079,0	Минский район
Глебковка	Биологический	2001	964,0	Минский район
Стиклево	Биологический	2001	412,0	Минский район
Всего			12 078,5	
Заказники местного значения				
«Альба»	Ботанический	1987	2,0	Д. Прилуки, р. Птич
«Крыница»	Ботанический	1988	66,0	Вдхр. Криница
«Мачулицянские сосны»	Ботанический	1998	21,0	П.г.т. Мачулицы
«Гайдуковское»	Геологический	1992	11,0	Пойма р. Луковая
«Янопольское1»	Геологический	1992	27,0	Острошицкий Городок, пойма р. Веснянка
«Городокское»	Геологический	1992	52,0	Острошицкий Городок, пойма р. Усяжа
Всего			179,0	
Итого (всех заказников)			12 257,5	
Памятники природы республиканского значения				
Дубрава	Ботанический	1986	20,0	Д. Щемыслица
Ельник «Родники»	Ботанический	1986	15,0	Старосельское лесничество
Обнажение «Заславль»	Геологический	1985	–	Г. Заславль
Валун «Камень любви»	Геологический	1992	–	Заславское лесничество
Родник «Святые криницы»	Гидрологический	1999	1,0	Красносельское лесничество
Всего			36,0	
Памятники природы местного значения				
Парк «Игнатичи»	Ботанический	1965	5,0	Д. Калинино
Дуб и сосна	Ботанический	1965	–	Ждановичское лесничество
Родники «Трековщинские»	Гидрологический	1998	–	Новоселковское лесничество
Родник «Роговский»	Гидрологический	1998	–	Д. Рогово
Всего			5,0	
Итого (всех памятников природы)			41,0	
Итого ООПТ			12 298,5	

В настоящее время ООПТ в Минском районе занимают около 5 % территории. Преобладают заказники республиканского значения, на долю которых приходится 98 % общей площади ООПТ. В состав этих заказников входят расположенные на территории района наиболее крупные, мало измененные человеческой деятельностью природные комплексы. Несмотря на высо-

кий уровень хозяйственного освоения данной территории, такие природные комплексы сохранились в различных ее частях.

Внутритиповая структура заказников и памятников природы довольно разнообразная. Так, заказники республиканского значения подразделяются на ландшафтные и биологические, местного значения – на ботанические и геологиче-

ские; памятники природы республиканского значения – на ботанические, геологические и гидрологические, местного значения – на ботанические и гидрологические.

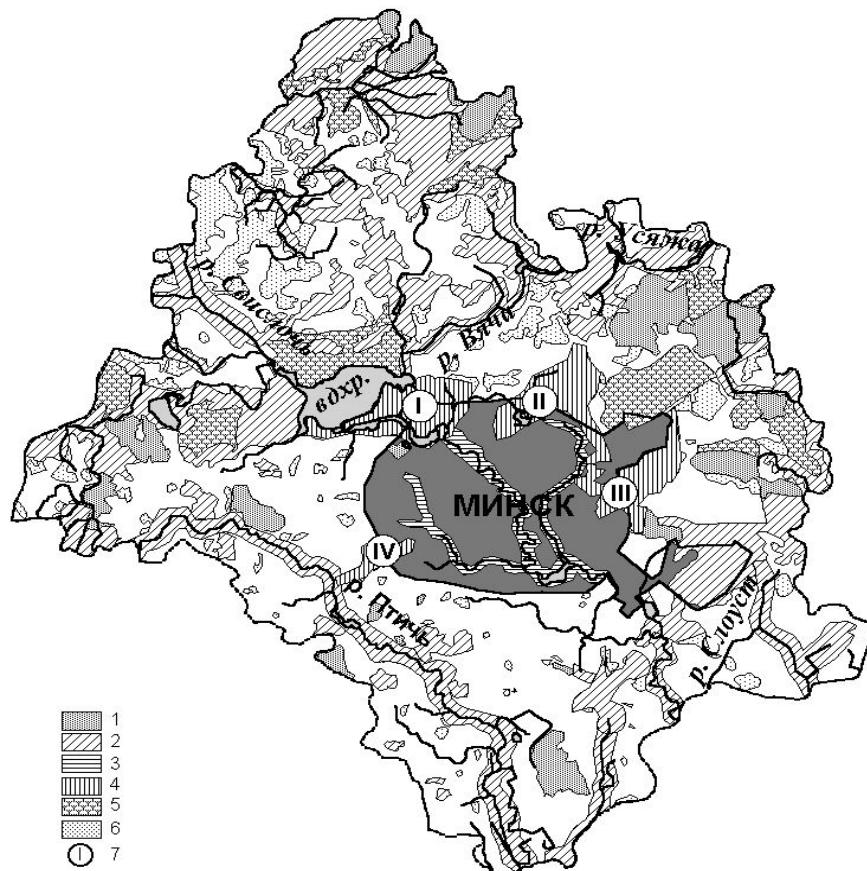
Большинство объектов ООПТ в Минском районе было создано до 2000 г. Вместе с тем на 2000-е гг. приходится организация большей части заказников республиканского значения (5 из 9).

На базе существующих ООПТ для Минского района РУП «БелНИЦзем» в составе районной схемы землеустройства разработана схема экологической сети. Она утверждена решением Минского облисполкома от 23.11.2003 г., № 906 [5].

Указанная схема экологической сети района, очевидно, должна выступить в качестве планировочной основы ее формирования здесь. Вместе с тем следует иметь в виду, что она разрабатывалась в рамках схемы землеустройства района, исходя из его внутренних потребностей,

без учета интересов города. Поэтому предложенную организацию экологической сети следует оценить на предмет достаточности и обеспечения данных интересов.

В рассматриваемой схеме экологической сети Минского района представлен весь набор присущих ей структурных элементов, включая экологические ядра, коридоры, буферные зоны (рисунок). В качестве экологических ядер выступают имеющиеся на территории района заказники республиканского значения. Экологическими коридорами выбраны долины рек, а также пространственно взаимосвязанные лесные массивы. К буферным зонам отнесены преимущественно залесенные земли, примыкающие к экологическим ядрам и коридорам. По долинам рек предусматриваются восстановительные зоны, предназначенные для формирования экологических коридоров.



Экологическая сеть Минского района: 1 – ядра экосети; 2 – коридоры экосети; 3 – водно-зеленый диаметр г. Минска; 4 – предлагаемые к формированию коридоры экосети; 5 – буферные зоны; 6 – лес; 7 – цифровые обозначения предлагаемых к формированию коридоров экосети

Количество особо охраняемых природных территорий предлагается увеличить. Для охраны ценной лесной растительности и улучшения связи между элементами экологической сети рекомендуется дополнительно создать три новых за-

казника, разместив их в северной, западной и южной частях района. В этом случае доля ООПТ увеличится до 6 %.

Экологическая сеть района пространственно организована как структура, огибающая

г. Минск. В такой организации, очевидно, нашла отражение идея пространственного размежевания урбанизированных и природоохранных территорий. Это соответствует требованиям обеспечения нормального функционирования проходящего по территории района экологического коридора европейского значения, а также сохранения природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия на территории района.

Северо-западная часть района, по которой проходит указанный экологический коридор, менее освоена в хозяйственном отношении по сравнению с остальной его территорией. По своему природному потенциалу она способна выполнять функции экологического коридора европейского уровня. Основным направлением деятельности по обеспечению его нормального функционирования является предотвращение нарушений расположенных на данной территории лесных массивов.

Все леса Минского района относятся к 1 группе лесопользования, что обеспечивает их охрану от промышленных рубок. Схемой организации экологической сети района предусмотрены меры по усилению режима охраны лесов, входящих в состав европейского экологического коридора, за счет создания здесь еще одного заказника в дополнение к существующему, а также отнесения части лесов к буферным зонам или внутренним экологическим коридорам.

В отличие от заказника, отнесение лесов к буферным зонам или экологическим коридорам не придает им формального статуса особо охраняемых природных территорий. Однако определенные дополнительные гарантии защиты они все же получают, поскольку схема экологической сети, на которой они выделены, должна приниматься во внимание при планировании любой хозяйственной деятельности. Соответственно те ее виды, которые предполагают вырубку или ухудшение состояния лесов, относимых к буферным зонам или экологическим коридорам, должны ограничиваться.

Экологическая сеть Минского района организована по тому же принципу, что и национальная экологическая сеть. В ней предусмотрено сохранение в естественном состоянии наиболее ценных, относительно больших по площади природных комплексов, расположенных на территории района. Между ними установлены соединительные звенья – экологические коридоры, обеспечивающие миграцию генофонда. Выделены восстановительные зоны, предназначенные для воссоздания нарушенных русел миграции.

Реализованная в отмеченной схеме организация экологической сети района соответствует оптимальной пространственной форме такой организации, поэтому ее можно рассматривать как согласующуюся с функцией сохранения здесь

природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия.

Что касается функции оптимизации окружающей природной среды города, то ее выполнение при разработке схемы землеустройства района не предполагалось. Соответственно не было предусмотрено обеспечение связи экологической сети района с природными комплексами города.

Предложения по оптимизации организации экологической сети Минского района. Основным условием формирования оптимальной для Минского района экологической сети выступает дополнение предложенной БелНИЦзем схемы ее организации соответствующими связующими элементами между территорией района и города. Подобные связующие элементы обозначаются как экологические коридоры.

Таким образом, наряду с предусмотренными в схеме экологическими коридорами, обеспечивающими связи между ядрами экологической сети, следует выделить еще одну группу коридоров, которые будут соединять экологическую сеть района с природными комплексами города. В качестве подобного рода коридоров, очевидно, могут выступить зеленые клинья, образованные лесными массивами, которые заходят с пригородной территории на территорию города и соединяются там с основными структурными элементами экологического каркаса Минска. К последним относится водно-зеленый диаметр, проходящий вдоль р. Свислочи, и водно-зеленое кольцо, образованное Слепянской и Лошицкой водно-зелеными системами [1].

Сложившаяся пространственная структура природных комплексов в городе и его непосредственном окружении (зеленые клинья) позволяет выделить несколько экологических коридоров, способных соединить экологическую сеть района с природным каркасом города. Один из них выделяется в северо-западном направлении от города и объединяет лесные массивы вокруг Заславского водохранилища и саму его акваторию с водно-зеленым диаметром Минска, вытянутым вдоль р. Свислочи (рисунок).

Второй и третий коридоры выделяются в северо-восточном и восточном направлениях от города. Их образуют заходящие в Минск леса, которые обеспечивают связь пригородных природных комплексов с таковыми Слепянской водно-зеленой системы.

Четвертый коридор целесообразно выделить к юго-западу от города. В его состав войдут фрагментарно сохранившиеся участки леса, протянувшиеся от долины р. Птичи к границам города. Далее следуют открытые пространства, которые приближаются к природным комплексам Лошицкой водно-зеленой системы.

Дополнение имеющейся схемы организации экологической сети Минского района предла-

гаемыми экологическими коридорами обеспечит планировочное решение нормативного требования о создании для города и окружающей его территории единой системы открытых и озелененных пространств. При этом следует иметь в виду, что выделяемые экологические коридоры, обеспечивающие взаимосвязь городских и пригородных природных комплексов, функционально будут отличаться от расположенных исключительно на территории самого района. Они не всегда могут быть непрерывными. Входящие в их состав природные комплексы, за исключением речных долин, со стороны района и города будут разделяться кольцевой автодорогой и не обеспечат беспрепятственной миграции многих живых организмов. Тем самым экологическая роль данных коридоров в значительной мере будет

заключаться в улучшении окружающей среды города, содействии поступлению на его территорию чистого воздуха.

Природные комплексы, входящие в экологическую сеть на территории Минского района, выполняют функции, сходные с функциями национального парка, – природоохранную, рекреационную, оздоровительную [4]. Между тем единого органа управления, который осуществлял бы планирование и координацию деятельности по их рациональному использованию, охране и восстановлению, нет. Создание такого органа, аналогичного администрации национального парка, положительно сказалось бы на обеспечении экологических интересов как района, так и города.

Л и т е р а т у р а

1. Колонтай А. Новый Генеральный план развития г. Минска // Архитектура и строительство. 2003. № 1. С. 7–32.
2. Родоман Б. Б. ТERRITORIALНЫЕ АРЕАЛЫ И СЕТИ: ОЧЕРКИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ. Смоленск, 1999.
3. СНБ 3.01.04-02. Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов. Мн., 2003.
4. Струк М. И. Региональные особенности оптимизации окружающей среды Беларусь. Мн., 2007.
5. ТERRITORIALНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ / Е. А. Горцуева и др.: Под ред. Г. В. Дудко, Д. И. Семенкевича. Мн., 2004.
6. ТERRITORIALНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ / В. И. Быль и др.: Под ред. Г. В. Дудко. Мн., 2007.

M. I. Струк

УЧЕТ ИНТЕРЕСОВ ГОРОДА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИГОРОДНОГО РАЙОНА

Приведены требования к организации экологической сети пригородного района, исходя из необходимости выполнения ею функций сохранения природного равновесия, биологического и ландшафтного разнообразия на национальном и местном уровнях, а также формирования городской среды. Оценена организация экологической сети Минского района, представленная в схеме его землеустройства. Сформулированы предложения по ее оптимизации с учетом экологических интересов города. Они заключаются в формировании дополнительных экологических коридоров, соединяющих природные комплексы пригородного района и города. Представлена картосхема экологической сети района с выделенными на ней дополнительными экологическими коридорами. Указано на целесообразность создания единого органа управления природными комплексами района.

M. I. Struk

A CITY INTEREST CONSIDERATION IN ORGANIZING ECOLOGICAL NET OF SUBURBAN REGION

Demand to organize ecological net of suburban region are given, assuming the necessity of its functions doing as natural balance preservation, as well as urban environment formation. The organization of Minsk region ecological net formation, given in the scheme of its land arrangement has been assessed. Proposals on its optimization with regard to city's ecological interests have been shaped. They mean formation of extra ecological passages, connecting natural complexes of suburban region and the city. The chart-scheme of the region ecological net with shown in it additional ecological corridors has been presented. The purposefulness of the creation of one management body by natural complexes of the region has been stated.

Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич, Н. К. Быкова

ОЦЕНКА И СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ

Рассматриваются принципы сохранения природного разнообразия в городах, международный опыт, свидетельствующий о возможности интеграции природных элементов в структуру городских ландшафтов. Проанализированы основные нормативно-законодательные документы по сохранению ландшафтного разнообразия, приведены критерии и индексы его оценки. Продемонстрированы результаты оценки природного разнообразия на примере гг. Светлогорска и Минска. Разработаны предложения по использованию сохранившихся водно-болотных комплексов в городах Беларуси с учетом их современного состояния, экологической значимости, а также градостроительной политики.

До недавнего времени природа в городе воспринималась большей частью сквозь призму его озелененности, а показатель «площадь зеленых насаждений на душу населения» являлся (и является) одним из немногих нормативно закрепленных в практике градостроительства [10,11]. Вопросы максимального сохранения природного разнообразия в городах, создания систем открытых взаимосвязанных пространств, которые ставились еще в 1980-х гг. [2, 6, 8], также сводились преимущественно к сохранению различных категорий зеленых насаждений. Вместе с тем накопленные данные о функционировании природных экосистем в условиях города, широком спектре местообитаний и видов в урбанизированных районах, с одной стороны, подтверждают возможность существования природных элементов в структуре городских ландшафтов, с другой – свидетельствуют об имеющемся потенциале улучшения экологической ситуации [1, 4, 7, 13, 14, 17–19, 21, 27, 28, 33].

Сохранение природного разнообразия становится одним из принципов градостроительной политики во многих странах мира. Осознание ландшафта как особой ценности, необходимости сохранения ландшафтов и ландшафтного разнообразия наряду с биологическим, привело к подписанию Пан-Европейской стратегии сохранения биологического и ландшафтного разнообразия (1997) и Европейской ландшафтной конвенции (2000), которые распространяются и на городские ландшафты [15, 23, 30].

Об изменении отношения к природе в городах Беларуси свидетельствуют новый Генплан г. Минска, в котором предусмотрено создание нового типа парков, максимально приближенных к природным условиям; выявление и включение в состав ландшафтно-рекреационных территорий ценных природных объектов, в том числе фрагментов природного ландшафта и мест произрастания и обитания редких растений и животных.

В связи с этим представляются актуальными вопросы оценки природного разнообразия,

практической реализации предлагаемых мер по сохранению ландшафтного разнообразия в городах.

Международный опыт сохранения природного разнообразия в городах. Важнейшим документом, определяющим политику в отношении ландшафтов, является Европейская ландшафтная конвенция, принятая в 2000 г. Главное назначение Конвенции – подтолкнуть власти к разработке стратегий и принятию мер на локальном, региональном, национальном и международном уровнях, направленных на защиту, управление и планирование ландшафтов в Европе, с тем, чтобы сохранить и улучшить качество ландшафтов и убедить общественность, организации, местные и региональные власти признать значение и важность ландшафта. Согласно Европейской ландшафтной конвенции, страны берут на себя ответственность за идентификацию ландшафтов на своей территории, анализ их свойств, а также источников и нагрузок, приводящих к их трансформации, регистрацию изменений и оценку ландшафта [15].

Важным условием успешного сохранения разнообразия ландшафта является четкое осознание целей, которые формулируются исходя из потребностей населения, планов и целей региона и государства в целом применительно к данному городу, а также видения будущего ландшафтов города. Ниже приведены принципы, рекомендованные Пан-Европейской стратегией по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия и адаптированные к условиям урбанизированных территорий:

- Принцип осторожного принятия решений: решения следует принимать исходя из самой полезной (репрезентативной) информации; следует принимать экономически и социально надежные меры, которые стимулируют сохранение биологического и ландшафтного разнообразия.

- Принцип реконструкции (восстановления) и (вос)создания: биологическое и ландшафтное разнообразие там, где это возможно, следует

восстанавливать или заново создавать, что включает меры по оздоровлению и реинтродукции видов, находящихся под угрозой исчезновения, восстановление почвенного покрова после тех видов деятельности, которые не предполагают их перекрытие асфальтом; восстановление наиболее ценных ландшафтов.

- Принцип предупреждения: меры, направленные на недопущение (минимизацию) потенциально негативного воздействия на биологическое и ландшафтное разнообразие, не следует откладывать, даже если причинные связи между деятельностью и ее воздействием еще полностью не подтверждены (своевременное формирование буферных зон, внедрение новых технологий и пр.).

- Принцип смещения: виды деятельности, которые исключительно вредны для биологического и ландшафтного разнообразия, но от которых нельзя отказаться, следует по возможности переместить в районы, где они будут оказывать меньшее воздействие (при проектировании новых дорог желательно избегать расчленения сохранившихся природных или рекреационных ландшафтов).

- Принцип экологической компенсации: если вредных воздействий, физически (механически) изменяющих территории с богатым биологическим и ландшафтным разнообразием, нельзя избежать, они должны быть сбалансированы компенсирующими природоохранными мерами.

- Принцип экологической целостности: экологические процессы, ответственные за выживание видов, должны быть защищены, а местообитания, необходимые для их выживания, сохранены.

- Принцип лучшей (новейшей) технологии и правильного использования окружающей среды: необходим доступ к информации о новых технологиях и достижениях и содействие использованию тех, которые уместны для охраны и приемлемого использования биологического и ландшафтного разнообразия.

- Принцип платы за загрязнения: расходы на меры по предотвращению, контролю и сокращению разрушения биологического и ландшафтного разнообразия должны быть возложены на стороны, несущие за них ответственность.

- Принцип общественного участия и открытого доступа к информации: создание достаточной и активной общественной поддержки мер, касающихся биологического и ландшафтного разнообразия, путем вовлечения общественности и частных землевладельцев, научного сообщества, других индивидуумов и гражданских групп через средства информации и образовательные программы.

С целью сохранения биологического и ландшафтного разнообразия приняты Средиземноморская хартия ландшафтов и Ольборг-

ская хартия. Средиземноморская (Севильская) хартия может считаться самой важной исходной инициативой с целью разработки Европейской конвенции о ландшафтах. Она основывается на признании ландшафта как одного из основных понятий повседневной жизни и как важнейшей составной части строительства культурной самобытности народов Европы, делая упор на необычном сочетании природы и культуры. В хартии предлагается учитывать фактор ландшафтов в планах, программах и проектах властей, а также при реализации проектов в частном секторе, принятие во внимание ландшафтов при изучении воздействия на окружающую среду, при городском и территориальном планировании [3].

Ольборгская хартия, или Хартия европейских городов, предлагает ряд мер, направленных на правильное обустройство городского пространства, защиту природных ресурсов и др. [9].

Следует отметить, что в Европе создана целая сеть организаций, предлагающих свой опыт по управлению и реализации планов устойчивого развития на локальном уровне: Совет городов и регионов Европы (RGRE), Европейские города, Международный совет городских инициатив по защите окружающей среды (ICLEI), Всемирный союз городов-побратимов (UTO) и проект «Здоровые города» Всемирной организации здравоохранения (WHO).

К настоящему времени во многих городах Западной Европы уже разработаны и реализуются специальные проекты по их ландшафтному благоустройству, направленные на гармонизацию (интеграцию) природных элементов и городских структур [7, 12, 17, 21, 26, 29, 33]. Одним из условий такой гармонизации является сохранение исходных природных элементов, увеличение доли открытых пространств, создание непрерывных зеленых коридоров и др. Архитектурно-планировочные решения по благоустройству таких пространств весьма оригинальны, опираются как на современные требования эстетического восприятия ландшафта, его комфортности и максимальной благоустроенностии для жителей, так и на стремление сохранить участки в естественном (диком) состоянии, включив их в ансамбль создаваемого ландшафта. Большое внимание уделяется восстановлению нарушенных территорий, особенно в городах с высокой долей застроенной части.

Одно из наиболее важных достижений – принятие некоторыми местными властями стратегий для сохранения природы как части городского планирования. Так, в Великобритании многие города и поселки ныне идентифицировали наиболее важные участки природы и разрабатывают планы их сохранения. В рамках выполнения «Повестки дня на 21 век» получили развитие проекты по улучшению городской среды в ряде городов Германии. При этом в отдельных проек-

так полностью, а в некоторых частично вопросы улучшения среды решаются посредством совершенствования планирования землепользования, увеличения доли открытых пространств и др. В частности, в г. Ганновере осуществлены проекты под названием «Город как сад» и «Зеленое кольцо». Термин «сад» здесь используется как метафора и означает природно-социальную гармонию развития города [12, 26].

Масштабы интеграции природы могут быть различные. Возможно расширение местообитаний естественных растений в пределах застроенных территорий, например во дворах, или даже организация местообитаний на крышах. Широко распространены парки дикой природы, которые позволяют наслаждаться природой в пределах местной коммуны. Такие парки включают детские игровые площадки, водоемы и другие очаги живой природы. Экологические парки – более крупные участки (1–2 га), где новые местообитания создаются для общественного наслаждения природой и экологического образования. Большинство экологических парков в Великобритании выполняют эту двойную функцию. Выявляются и регистрируются так называемые местные природные резерваты.

В рамках выполнения проектов предполагается сохранение существующей сети исторических садов и парков, а также расширение открытых озелененных пространств с созданием новых объектов различного назначения, в том числе для образовательных целей (не исключается и культурное садоводство). Среди потенциальных объектов озелененных пространств – любые (даже несколько метров в ширину) сохранившиеся незастроенные участки пойм, водоемы, естественные лесные участки. Кроме того, планируется создание непрерывного зеленого кольца вокруг города, озеленение улиц, создание зеленых пешеходных и велосипедных дорожек. Особое внимание уделяется так называемым «диким» изгородям (*wild hedges*), которые в большинстве случаев создаются из кустарников. Такие изгороди весьма характерны и для сельских, и для городских пунктов; они играют важную роль при создании экологических коридоров.

Нормативно-законодательная база охраны природного разнообразия в городах Беларусь. Наиболее действенным нормативным документом, способствующим (обеспечивающим) сохранению естественных ландшафтов и, соответственно, биологического и природного разнообразия, является закон «Об особо охраняемых природных территориях и объектах». Однако в городах создание особо охраняемых природных территорий не получило широкого распространения из-за сложности реализации законодательно установленных ограничений природопользования, отсутствия системы управления, контроля и

мониторинга таких территорий как неотъемлемой части городского планирования [5].

Основными официальными документами, на основе которых осуществляется управление развитием города, являются генеральные планы (проекты) городов, которые регулируют практику отвода земель для строительства, решение вопросов об изменении функционального использования и застройки или градостроительных ограничениях участков. В Генеральном плане г. Минска с прилегающими территориями в пределах перспективной городской черты до 2030 г. (утвержден 23.04.2003 г.) в разделе «Ландшафтно-рекреационные территории» отмечается необходимость преимущественного развития сети специализированных парков как следствие все возрастающей избирательности населения к различным видам активного, познавательного и оздоровительного отдыха. В данном контексте парки выступают как «клубы по интересам», в которых познавательно-образовательному аспекту уделено определенное внимание (зоологические и ботанические парки). Здесь же указывается на создание нового типа парков, максимально приближенных к природным условиям, формирование крупных парковых комплексов, выявление и включение в состав ландшафтно-рекреационных территорий ценных природных объектов – деревьев, фрагментов ландшафта, мест произрастания и обитания редких растений и животных.

Основные требования к планировке и застройке населенных пунктов изложены в Строительных нормах Республики Беларусь (СНБ 3.01.04-02) «Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов». Согласно СНБ ландшафтно-рекреационные территории поселений и пригородных зон, предназначенные для организации рекреационной деятельности и выполнения природоохранных функций, должны формировать природный каркас поселения в виде единой системы открытых и озелененных пространств для улучшения состояния окружающей среды. Здесь же сформулированы требования к озелененным пространствам: социально-гарантированный минимум озелененных территорий общего пользования (парков, скверов, аллей, бульваров, набережных и др.), их состав и структура, условия доступности и пр. Удельный вес озелененных территорий различного назначения в пределах застройки городов должен составлять не менее 40 %, а в границах территории жилого района – не менее 25 %.

При наличии в поселении пойменных и других природных территорий возможно формирование водно-зеленых систем шириной от 0,5 до 0,7 км в центральной и от 1,5 до 2,0 км в периферийной зоне крупнейших и крупных поселений. Для максимального сохранения пойменных территорий в естественном состоянии в составе

водно-зеленых систем могут формироваться лугопарки и гидропарки.

СНБ регламентирует также некоторые виды деятельности, связанные с инженерной подготовкой территории. В частности, указывается, что при проведении вертикальной планировки территории следует исходить из максимального сохранения естественного рельефа и существующих зеленых насаждений. Вместе с тем на заболоченных территориях предусматривается понижение уровня грунтовых вод, а при наличии торфа – его засыпка или выторфовывание (для территорий, подлежащих застройке). В данном случае не предлагается альтернативного решения вопроса, несмотря на возможную ценность природного объекта. В то же время в отношении оврагов, хотя и допускается их полная или частичная ликвидация путем засыпки, возможны и другие варианты – устройство парков, спортивных сооружений.

По сравнению с ранее действующими СНиП в СНБ вопросам сохранения природных комплексов на территории поселений и пригородных зон уделено значительное внимание. Однако в практике градостроительства многие положения нормативных документов оказываются практически бездействующими, в ряде случаев допускаются отступления от норм (например, временные автостоянки или автозаправки в водоохранных зонах). Разработанный показатель озелененности городов в расчете на одного жителя не может быть достаточным критерием сохранения природного разнообразия.

В целом национальная нормативно-законодательная база по охране ландшафтов, в том числе в городах, разработана явно недостаточно и не соответствует международным стандартам.

Оценка (описание) разнообразия ландшафта. Необходимым условием сохранения ландшафтного разнообразия в городах является его оценка. Для этого могут использоваться различные подходы: формализованный – на основе расчета некоторых показателей (индексов, индикаторов) разнообразия; неформализованный – без количественных характеристик разнообразия либо без их главенства в оценках [16, 22, 24, 31, 32].

Оценка ландшафтного разнообразия в городах осложняется высокой освоенностью и трансформированностью исходных ландшафтов. Необходимо учитывать вид и интенсивность антропогенных воздействий, характер использования, степень трансформации ландшафта. Итоговая оценка ландшафтного разнообразия должна не столько содержать вывод о значительном (богатом) или бедном разнообразии, сколько показать тенденции в изменении разнообразия за определенный промежуток времени. Такие оценки выполняются и могут выполняться на основе анализа картографического и статистического

материала, данных аэрокосмических наблюдений с применением ГИС-технологий.

Индексы разнообразия. Используются особые процедуры для расчета количественных характеристик ландшафта, в большинстве случаев на базе анализа (измерения) карт ландшафтов (либо снимков), т. е. применяется картографическое представление о ландшафте. Разработано достаточно много индексов ландшафтного разнообразия. Наиболее известными являются индекс Шеннона и число типов элементов, описывающих разнообразие ландшафта.

Индексы разнообразия могут рассчитываться по выделам сетки районирования, административным районам и другим территориальным единицам либо методом скользящего окна. Последняя процедура реализована, в частности, в пакете «Idrisi».

Полученные значения индексов могут быть использованы в качестве индикаторов разнообразия ландшафтов для целей его мониторинга.

Индикаторы разнообразия. Для характеристики ландшафтного разнообразия наиболее часто применяется описательный способ отображения – через множество покомпонентных различий, а разнообразие ландшафтов показано посредством их общей характеристики (в количественном выражении часто приводится лишь видовое разнообразие флоры и фауны). Информационной базой при этом служат материалы об основных элементах геологического и геоморфологического строения территории, о типах почв, растительных сообществах, а также ландшафтного районирования.

Более эффективным для характеристики разнообразия является использование индикаторов, разработанных и согласованных до начала работ по оценке состояния природного разнообразия. Если при расчете индексов все элементы признаются равноценными, то при данном подходе делается попытка придать типам элементов определенный вес в зависимости от ценности, а также учесть как можно больше аспектов ландшафта. Соответственно процедура сложнее поддается формализации.

Примером может служить набор показателей для отчета о состоянии природной среды в Эстонии [20]. Для отражения эстетической и экологической ценности ландшафта предложены следующие критерии: разнородность/разнообразие, естественность, уникальность. Индикаторы разнообразия ландшафта включены в группу индикаторов состояния ландшафта, куда вошли два показателя – типы земель и рельеф.

Показатель «типы земель» как индикатор отражает композиционное разнообразие земель (количество типов земель в стране и их динамику), в том числе залесенные площади, застроенные площади и площади земель, используемых для добычи полезных ископаемых.

Рельеф предложен как индикатор для иллюстрации геоморфологического разнообразия территории (холмистые районы, равнинные территории и т. д.).

Ряд ландшафтных характеристик включен в группы «воздействие», «естественность», «идентичность» и «отклик». В частности, к группе «естественность» отнесены такие индикаторы, как доля естественных ландшафтов и доля деградированных земель (разработки, свалки и др.), характеризующие утерянную часть природных ландшафтов.

Детально проработан вопрос об индикаторах биоразнообразия в «Recommendations to the Core...» [25] к Конвенции по биологическому разнообразию. Указывается, что вместе эти индикаторы детально характеризуют картину состояния биологического разнообразия. Рекомендуются следующие группы индикаторов: количество экосистем; качество экосистем (единицы в % к исходному уровню); относительное число угрожаемых и исчезающих (исчезнувших) видов. Каждая группа, в свою очередь, включает перечень индикаторов, отражающих ту или иную сторону биоразнообразия.

Количество экосистем. Эта группа индикаторов отражает потери либо приобретение биоразнообразия на уровне экосистем в результате главных причин, их вызвавших: например, потеря местообитаний в результате полного преобразования и фрагментации для городского использования, под поля, пастбища, инфраструктуры и промышленность.

Индикаторами количества экосистем выступают:

- самовосстанавливающиеся и искусственные экосистемы (доля общей площади, %);
- площадь самовосстанавливающихся экосистем по типам местообитаний в текущем году (в % к постулируемому доиндустриальному уровню);
- сохранившиеся самовосстанавливающиеся экосистемы по классам величины.

Качество экосистем. Данная группа индикаторов оценивает состояние биологического разнообразия в пределах некоторой территории относительно исходного (ожидаемого) состояния и измеряется следующими показателями:

- обилие и/или распределение видов (выравненность);
- богатство видов;
- структура и сложность экосистем.

Предложенные аспекты разнообразия отражаются с помощью следующих индикаторов: соотношение живых и отмерших лесов, доля лесов,

сов, устойчиво регулируемых, доля вторичных лесов, число идентифицируемых местообитаний и др.

Описанные выше индикаторы целесообразно использовать для характеристики и мониторинга природного разнообразия ландшафтов (в первую очередь биогеоценотического, с дополнениями и изменениями, и других видов разнообразия).

Индекс природного капитала (Natural Capital Index). Для подтверждения того, что природный капитал интегрирован в учет национального богатства, рекомендуется рассчитывать индекс природного капитала по аналогии с индексами экономического и социального капитала, рассчитываемыми ООН, Бреттон-Вудскими институтами и отдельными странами [25].

Изучение и картографирование природного разнообразия на территории гг. Минска и Светлогорска. Одной из составляющих оценки природного разнообразия может быть картографирование, которое позволяет отразить изменение общего состояния разнообразия ландшафтов. Примером может служить выполненный нами картографический анализ динамики природного (зеленого) покрова г. Минска.

Использованы топографические карты двух временных срезов: начала 1940-х гг. (карта 1944 г.) и конца 1990-х (карта 1998 г.) масштаба 1:25 000 примерно в современных границах города. Поскольку город за 55 лет сильно вырос, в качестве внешних границ картографируемой территории выбраны кольцевая автодорога и граница города 1990 г. Работы включали предварительную подготовку карт, оцифровку участков, относящихся к зеленому покрову, формирование картографической базы данных в формате Arcview 3.0, расчет статистик зеленого покрова, сравнительный анализ двух временных срезов.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном изменении общей площади природных систем. Особенно это касается болотных комплексов, доля которых уменьшилась примерно в 4 раза (рис. 1).

Значительно увеличилась площадь водоемов (в 2,4–3 раза), при этом произошло сильное сокращение протяженности водотоков (рис. 2). В частности, исчезли такие реки, как Дражня, Переспа, верховья Слепни.

Площадь лесов изменилась сравнительно мало, что объясняется ограничением использования лесов для застройки и иных целей, налагаемым нормативными документами, восстановлением лесов, вырубленных во время войны, и облесением ранее распаханных территорий.

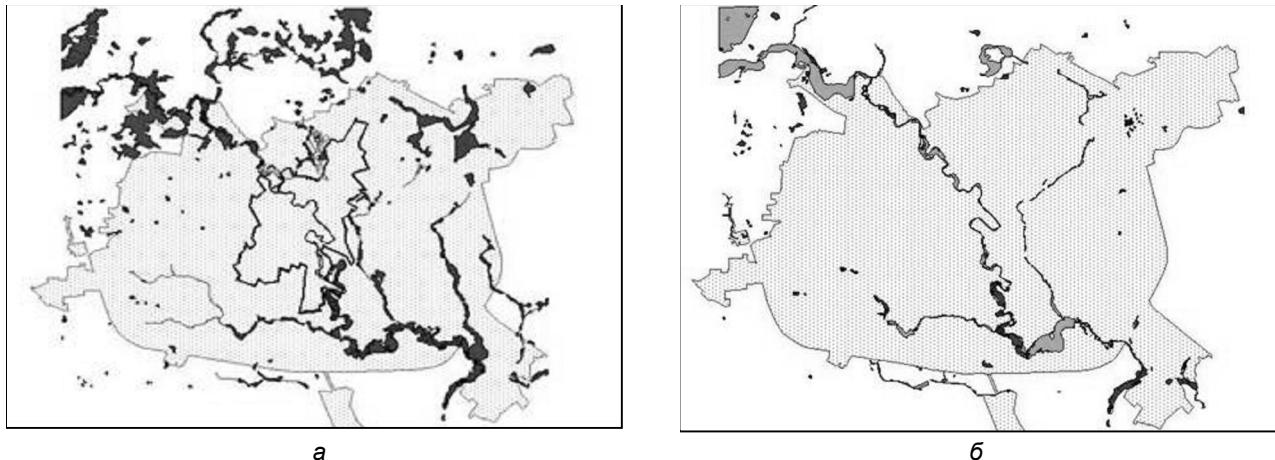


Рис. 1. Картосхема болот и заболоченных земель на территории г. Минска по состоянию на 1944 г. (а) и 1998 г. (б)

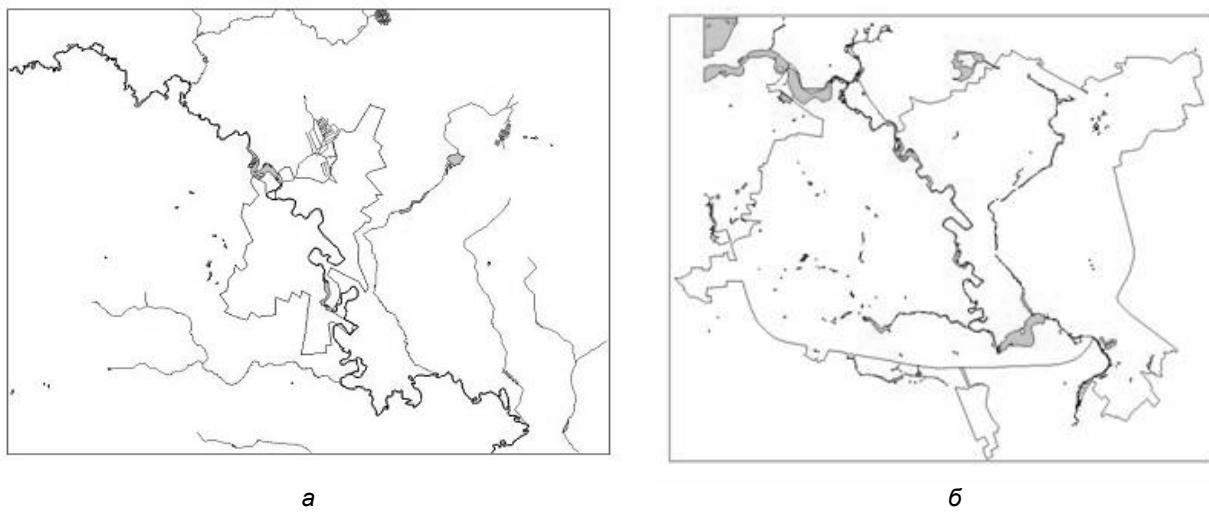


Рис. 2. Картосхема водотоков и водоемов на территории г. Минска по состоянию на 1944 г. (а) и 1998 г. (б)

Следует отметить, что при интерпретации результатов необходимо учитывать различия в легендах карт, сложность группировок категорий легенды. В связи с этим результаты замеров по карте не всегда совпадают с данными других источников, в частности торфяного фонда и материалов лесоустройства.

Для оценки природного разнообразия для территории г. Светлогорска выполнен расчет индексов Шеннона, богатства элементами и относительного богатства элементами (табл. 1). Индексы рассчитывались на основе серии карт: геологической, геоморфологической, типов земель (порядки ландшафтов), почвенной, ландшафтно-энтотической (роды ландшафтов) и ландшафтно-фаунистической (виды ландшафтов). В качестве территориальных единиц использовались ландшафтно-экологические районы (рис. 3).

Среди ландшафтно-экологических районов наибольшим разнообразием по индексу Шеннона характеризуется район 1 – западный, малоэтажной жилой застройки на пологоволнистой повышенной флювиогляциальной равнине с преобладанием элювиальных ландшафтов – по четырем параметрам. Индексы богатства элементами и относительного богатства элементами свидетельствуют примерно об одинаковом разнообразии ландшафтно-экологических районов 1 и 5 (северо-восточный сельской застройки, аграрно-лесохозяйственный на возвышенной флювиогляциальной равнине с преобладанием элювиальных ландшафтов). В целом по совокупности индексов большим разнообразием отличается район 1.

Таблица 1. Показатели ландшафтного разнообразия по ландшафтно-экологическим районам г. Светлогорска

Ландшафтно-экологический район	Параметры ландшафта							
	порядок ландшафтов	род ландшафтов	вид ландшафтов	геология четвертичных отложений		рельеф		почвы
				генетические типы	фации	тип рельефа	форма рельефа	
Индекс разнообразия Шеннона (SHDI)								
1	1,86	1,13	1,35	1,31	1,43	1,42	0,97	1,94
2	1,52	1,11	0,77	0,77	0,93	1,13	0,58	1,48
3	1,49	1,12	0,76	0,78	1,05	1,11	0,75	1,48
4	0,92	1,37	1,33	1,16	1,36	1,41	0,99	1,53
5	1,54	1,07	0,64	1,01	1,39	1,32	0,75	1,11
6	1,50	1,08	1,33	0,79	1,13	1,22	0,67	1,17
7	0,19	0,53	1,29	0,84	1,33	1,64	1,09	1,26
8	0,53	0,21	0,83	0,21	0,82	0,81	0,19	0,87
9	1,46	0,79	1,46	0,52	1,17	1,04	0,55	1,46
10	0,96	0,42	1,33	0,66	1,21	1,11	0,78	1,41
Индекс богатства элементами (PR)								
1	15	9	9	7	14	12	4	13
2	12	6	8	7	13	11	4	11
3	12	6	6	4	7	8	3	9
4	8	4	6	4	6	6	3	9
5	13	8	7	9	20	17	4	13
6	10	7	8	5	10	10	3	12
7	5	3	6	5	7	10	4	7
8	4	4	4	4	5	4	3	4
9	11	7	7	5	12	8	4	9
10	7	5	6	5	12	10	4	8
Индекс относительного богатства элементами (RPR)								
1	79,0	81,8	69,2	77,8	53,9	57,1	100	65,0
2	63,2	54,6	61,5	77,8	50,0	52,4	100	55,0
3	63,2	54,6	46,2	44,4	26,9	38,1	75,0	45,0
4	42,1	36,4	46,2	44,4	23,1	28,6	75,0	45,0
5	68,4	72,7	53,9	100	76,9	81,0	100	65,0
6	52,6	63,6	61,5	55,6	38,5	47,6	75,0	60,0
7	26,3	27,3	46,2	55,6	26,9	47,6	100	35,0
8	21,1	36,4	30,8	44,4	19,2	19,1	75,0	20,0
9	57,9	63,6	53,9	55,6	46,2	38,1	100	45,0
10	36,8	45,5	46,2	55,6	46,2	47,6	100	40,0

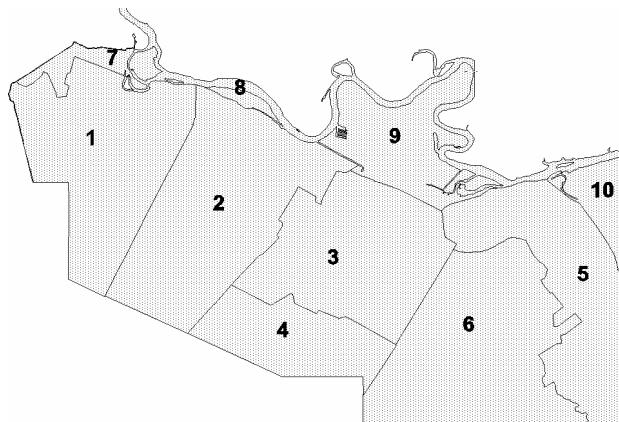


Рис. 3. Схема ландшафтно-экологического районирования г. Светлогорска.

Ландшафтно-экологические районы: 1 – западный, малоэтажной жилой застройки на пологоволнистой повышенной флювиогляциальной равнине с преобладанием элювиальных ландшафтов; 2 – центральный, многоэтажной застройки на пологоволнистой повышенной флювиогляциальной равнине с преобладанием элювиально-аккумулятивных ландшафтов; 3 – восточный, промышленный на плоской озерно-аллювиальной равнине с преобладанием элювиально-аккумулятивных ландшафтов; 4 – южный, лесохозяйственный с преобладанием супераквальных ландшафтов; 5 – северо-восточный, сельской застройки, аграр- и лесохозяйственный на возвышенной флювиогляциальной равнине с преобладанием элювиальных ландшафтов; 6 – юго-восточный, сансирующих аграр- и лесохозяйственных геосистем на пониженной озерно-аллювиальной равнине с преобладанием элювиально-аккумулятивных ландшафтов; 7 – пойменный западный, аграр- и лесохозяйственный; 8 – пойменный северный, рекреационный; 9 – пойменный северо-восточный, сансирующих аграр- и лесохозяйственных геосистем; 10 – пойменный восточный, аграр- и лесохозяйственный

Предложения по сохранению ландшафтного разнообразия в городах Беларуси. На основе десятилетнего опыта изучения сохранившихся болотных комплексов в городах Беларуси [1, 18, 19], а также с учетом используемых в мировой практике подходов предлагаются следующие подходы к сохранению ландшафтного разнообразия:

- интеграция ландшафтов в планы и программы обустройства территории. По сути это интеграция ландшафтов в структуру сложившегося (планируемого) землепользования. Используется при разработке (корректировке) генпланов городов, планов застройки отдельных районов;
- создание охраняемых ландшафтов. Это наиболее эффективный способ их сохранения, поскольку предполагает строго регламентируемые виды деятельности, вплоть до запрета посещения. В условиях города это могут быть как собственно природные объекты, так и природно-культурные, исторические (с сохранившимися элементами природы);
- учет ландшафтов при принятии решений об использовании земель. Это может осуществляться при выдаче разрешений на строительство или другое использование земель, а также при выполнении работ по оценке состояния территории на этапе разработки рекомендаций (решений);
- использование особых (специальных) планов ландшафтов, разрабатываемых в качестве пилотных проектов по ландшафтному благоустройству.

Один из способов сохранения отдельных (особо ценных) ландшафтов в городе – определение вида использования (с минимальным воздействием на ландшафт) и, соответственно, их статуса. В настоящее время многие неиспользуемые природные угодья (болотные, луговые) или остаточные (пустыри, неудобья) являются государственной собственностью без определенного функционального назначения и без конкретного землепользователя. Это одна из причин хаотичного освоения таких территорий (например, под огороды), их высокой замусоренности.

В зависимости от экологической значимости (ценности) выделенных ландшафтов возможны различные варианты их использования:

- в качестве особо охраняемых территорий;
- как научно-познавательные объекты (полигоны научных исследований, объекты постоянного мониторинга, экологические тропы);
- для рекреации (самостоятельные объекты либо включенные в существующую систему).

Определение функционального назначения таких ландшафтов сопровождается:

- определением их землепользователя с юридическим (официальным) оформлением решений;
- закреплением границ выделенных ландшафтов на местности в соответствии с нормативными документами;

- разъяснительной работой о необходимости охраны (сохранения) ландшафтов в естественном состоянии среди местного населения, землевладельцев прилегающих территорий;

- пропагандой посредством рекламных плакатов, установленных в наиболее посещаемых местах, через средства массовой информации;

- привлечением волонтеров (учащихся, студентов, местных жителей) к проведению работ по очистке территории и уходу за насаждениями, для поддержания нормального функционирования объектов;

- мониторингом их состояния;

- контролем за соблюдением режимов использования и охраны.

Составной частью охраны природного разнообразия является выделение ландшафтов особого значения (на местном, региональном, национальном, международном уровнях). Списки ландшафтов особого значения должны составляться и регулярно обновляться.

При выделении особо ценных ландшафтов возможно использование критериев, предложенных в Пан-Европейской стратегии сохранения биологического и ландшафтного разнообразия: редкость, уникальность, представительность, естественность. Для городских условий на первом этапе оценки наиболее важным (приоритетным) критерием является естественность ландшафтов.

Выделение особо ценных ландшафтов предполагает последовательное выполнение следующих работ:

- инвентаризацию (выявление) естественных ландшафтов;
- оценку их современного состояния (включая уровень загрязнения) и прогноз развития;
- ранжирование по ценности (экологической значимости);
- предложения по использованию (сохранению) с учетом Генплана города.

На основании обобщения полученных данных за десятилетний период мониторинга болотных комплексов на территории г. Минска выполнена оценка их состояния, анализ и ранжирование по экологической значимости. Установлено, что сохранившиеся болота и заболоченные участки играют важную роль в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия в г. Минске. Данные экосистемы характеризуются неповторимой ландшафтной организацией, флористическими особенностями, высоким видовым разнообразием растительности. Все сохранившиеся болота выполняют почвозащитные и водоохраные функции, в ряде случаев являются геохимическим барьером на пути миграции загрязняющих веществ в водотоки и водоемы. С учетом состояния болот, их экологической значимости, а также градостроительной политики города предложены варианты их использования (сохранения) (табл. 2).

Таблица 2. Предложения по использованию сохранившихся болот в г. Минске

Название болота, местоположение	Обоснование	Возможное использование
Дражня, мкр. Дражня, возле пер. Болотникова	Уникальная для города олиготрофная растительность, значительная мощность верхового торфа (2,7 м). Согласно Генплану входит в состав ландшафтно-рекреационной зоны	Научно-образовательный объект
Дворищи, мкр. Серебрянка, левобережье р. Свисочи, между ул. Дворищи и ул. Чижевских	Высокое биоразнообразие, наличие охраняемых видов, ценных и уникальных растительных сообществ. Эстетическая привлекательность – сочетание заболоченных, топяных участков, старичных водоемов, закустаренных участков. Местообитание водоплавающих птиц. Согласно Генплану входит в состав зоны, которая имеет статус историко-культурной ценности	В качестве объекта рекреации (создание парка), возможно использование в качестве научно-образовательного объекта
Шейпичи, мкр. Серебрянка, левобережье р. Свисочи, ул. Шейпичи	Местопроизрастание единственного в городе черноольшаника. Ландшафтная привлекательность, большое количество водоплавающих птиц. Согласно Генплану входит в состав ландшафтно-рекреационной зоны	В качестве объекта рекреации (создание парка)
Лошица, мкр. Лошица, правобережье р. Свисочи, ул. Чижевских	Высокое разнообразие видов растений и растительных сообществ, наличие охраняемых видов, большое количество лекарственных растений, наличие уникальных растительных сообществ. Согласно Генплану входит в состав зоны, которая имеет статус историко-культурной ценности	Создание заказника местного значения
Сухарево, мкр. Юго-Запад, возле ул. Рафиева	Водно-болотный комплекс, ландшафтная и эстетическая привлекательность, малая озелененность микрорайона. Согласно Генплану входит в состав рекреационно-ботанический зоны	Включение в естественном состоянии в состав парка
Масюковское, между торговым комплексом «Ждановичи» и вдхр. Дрозды	Высокое разнообразие видов растений и растительных ассоциаций, наличие водоема, большое количество водоплавающих птиц. Эстетическая привлекательность. Входит в состав биологического заказника республиканского значения «Лебяжий»	Сохранение в качестве заказника

Выполненные исследования показали, что решение проблемы сохранения природного разнообразия в городах должно основываться на достоверной информации, знании свойств и особенностей природных ландшафтов. Опыт изучения сохранившихся болот свидетельствует о значительном потенциале их использования (даже временного, с учетом перспектив развития

города): как объекты для научно-познавательных и эколого-воспитательных целей, а также для рекреации. Устойчивое функционирование природных ландшафтов в условиях интенсивных техногенных нагрузок в значительной степени определяется организацией системы управления, контроля и мониторинга как неотъемлемой части городского планирования.

Л и т е р а т у р а

1. **Быкова Н. К., Ермоленкова Г. В., Лапко Т. Л.** Роль болот в сохранении биоразнообразия на урбанизированных территориях // Природные ресурсы. 2006. № 3. С. 103–113.
2. **Вергунов А. П.** Архитектурно-планировочные принципы формирования природных комплексов Москвы и Московской области // Природные комплексы в архитектурно-планировочной структуре Москвы и Московской агломерации. Сб. науч. тр. М., 1978.
3. **Зоидо-Наранхо Ф.** Средиземноморская хартия ландшафтов – идея, которая завоевывает умы // Naturopa. 1998. № 86. С. 26.
4. **Кравчук Л. А.** Город-сад или мегаполис из бетона? // Наука и инновации. 2006. № 5(39). С. 17–20.
5. **Кухарчик Т. И., Быкова Н. К., Овчарова Е. П.** и др. Эколо-геохимическая индикация трансформации особо охраняемых природных комплексов в условиях интенсивного техногенного воздействия (на примере заказника Лебяжий) // Природопользование. 2005. Вып. 11. С. 90–97.
6. Методические рекомендации по сохранению и использованию залесенных территорий при проектировании новых городов. Л., 1980.
7. Москва-Париж. Природа и градостроительство / Под общ. ред. Н. С. Краснова, В. И. Иванова. М., 1997.

8. Особенности формирования системы зеленых насаждений в городских агломерациях // Проблемы больших городов. Обзорная информация. 1981. Вып. 19. С. 18–25.
9. **Пэйн Э., Леффлер П.** Ольборгская Хартия // *Naturopa*. 1999. № 89. С. 4.
10. СНБ 3.01.04–02. Строительные нормы Республики Беларусь. Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов.
11. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (С изм. 1990 г.).
12. Activities of the City of Hannover towards a Local Agenda 21 // A Status Report. Hannover, 1998. P. 74.
13. **Box J., Harrison C.** Urban green space. Natural spaces in urban places // *Town and Country Plann.* 1993. Vol. 62. N 9. P. 231–235.
14. **Calander G. D., Power S.** The importance and opportunities for wildlife in an urban environment // *Environ. Educ. and Inf.* 1992. Vol. 11. N 3. P. 173–180.
15. European Landscape Convention/ Committee of Ministers of the Council of Europe. Florence. 2000.
16. **Frey J.** Comprehensive biotope mapping in the city of Mainz - a tool for integrated nature conservation and sustainable urban planning // *Urban Ecology* (Ed. by J.Breuste, H.Feldmann, O.Uhlmann). Springer-Ferlag, 1998. P. 641–647.
17. **Goode D.** Integration of nature in urban development // *Urban Ecology* (Ed. by J.Breuste, H.Feldmann, O.Uhlmann). Springer-Ferlag, 1998. P. 589–592.
18. **Koukhartchic T., Kakareka S.** Bogs in an Urban Landscape: Analysis of Conditions// *Urban Ecology* (Ed. by J. Breuste, H. Feldmann, O. Uhlmann). Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1998. P. 608–612.
19. **Kukharchyk T. I., Khomich V. S., Kakareka S. V.** Urban Wetlands in Belarus: State, Threats and Perspectives // *Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration* / Eds. by J. Marralek, D. Sztruhar, M. Gulianelli and B. Urbonas. NATO Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences. Vol. 43. 2004. P. 363–372.
20. Minutes from the biodiversity and landscape indicator's review for baltic state of the environment report. February 9–10, 1999, Ministry of environmental protection and regional development, Riga, Latvia.
21. Muller N. Biotope mapping and nature conservation in cities. Part 1 / Bull. Inst. Envir. Science & Technology, Yokogama Nat. Univ. 23/1. 1997. P. 47–62.
22. **O'Neill R. V., Krummel J. R., Gardner R. H.** et al. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*. 1988. Vol. 1. P. 153–162.
23. Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy // <http://www.ecnc.nl/cgi-bin/ffwindex.en/>. Last revision: 10 January 1997.
24. **Patil G. P., Johnson G. D., Myers W. L.** Statistical ecology of landscape characterisation with satellite data for resource assessment and management: an ecological indicator approach. Technical report 98–301, Centre for Statistical Ecology and environmental statistics. Penn State University. 1998.
25. Recommendations for a core set of indicators of biological diversity / Convention on biological diversity. UNEP / CBD / SBSTTA / 3 / Inf. 1322. July, 1997.
26. Stadt als Garten. Im Hannoverprogramm 2001. Hannover, 1996.
27. **Starfinger U., Sukopp H.** Assessment of urban biotopes for nature conservation / Cook E., Lier H. (eds) *Landscape planning and ecological networks*. Elsevier, Amsterdam, 1994. P. 89–115.
28. **Sukopp H., Werner P.** Development of flora and fauna in urban areas // *Nature and Environment. Series, N 366*. Council of Europe, Strasbourg, 1987.
29. Sustainable Environmental Development // An Interim Report from the City of Hannover. Hannover, 1999.
30. The Strategy Guide the Clearing-House for the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy//[http://www.strategyguide.org/docs/council/2003/STRA-CO\(2003\)9-PEBLDPOW_E_final.doc](http://www.strategyguide.org/docs/council/2003/STRA-CO(2003)9-PEBLDPOW_E_final.doc)
31. **Turner C. J., Gardner R. H.** Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. Springer, New York, 1991.
32. **Turner M. G.** Spatial and temporal analysis of landscape patterns // *Landscape Ecology*. Vol. 4. P. 21–30. 1990.
33. **Wittig R.** Urban development and the integration of nature: reality or fiction // *Urban Ecology* (Ed. by J. Breuste, H. Feldmann, O. Uhlmann). Springer-Ferlag, 1998. P. 593–599.

**Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека,
В. С. Хомич, Н. К. Быкова**

**ОЦЕНКА И СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОГО
РАЗНООБРАЗИЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ**

Рассмотрены принципы сохранения природного разнообразия в городах, рекомендованные Пан-Европейской стратегией по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия и адаптированные к условиям урбанизированных территорий. Обобщены международный опыт, свидетельствующий о возможности интеграции природных элементов в структуру городских ландшафтов. Показано, что сохранение природного разнообразия становится одним из принципов градостроительной политики во многих странах мира.

Проанализированы основные нормативно-законодательные документы по сохранению ландшафтного разнообразия. Показано, что в практике градостроительства в ряде случаев допускаются отступления от норм. В целом национальная нормативно-законодательная база по охране ландшафтов, в том числе в городах, к настоящему времени разработана явно недостаточно и не соответствует международным стандартам.

Приведены критерии и индексы оценки природного разнообразия. Показано, что для расчета количественных характеристик ландшафта используется картографическое представление о ландшафте; при описательном способе информационной базой служат материалы об основных элементах геологического и геоморфологического строения территории, о типах почв, растительных сообществ, а также ландшафтного районирования. Продемонстрированы результаты оценки природного разнообразия на примере гг. Минска и Светлогорска.

Разработаны предложения по использованию сохранившихся водно-болотных комплексов в городах Беларусь с учетом их современного состояния, экологической значимости и градостроительной политики. Показано, что решение проблемы сохранения природного разнообразия в городах должно основываться на достоверной информации, знании свойств и особенностей природных ландшафтов.

**T. I. Kukharchyk, S. V. Kakareka,
V. S. Khomich, N. K. Bykova**

**ASSESSMENT AND PRESERVATION OF
NATURAL DIVERSITY OF URBAN LANDSCAPES**

Principles of natural diversity in cities recommended by Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy and adapted for urbanized territories are shown. Achievements of nature integration into urban landscapes in different countries are described. It is shown, that preservation of natural diversity became one of the main principles of urban planning in many cities of the world.

Main legislative documents on preservation of landscape diversity of Belarus are analyzed. It is shown, that many rules (regulations) of these documents is not effective and does not used in the urban planning. In the whole national legislative base on landscape preservation in cities is insufficient and do not correspond to the international standards.

Criteria and indices of natural diversity assessment are given. It is shown that mapping as the basis for quantitative parameters assessment is generally used; different characteristics of geology, geomorphology, types of soil, vegetation association as well as landscape zoning are used for qualitative description. The results of natural diversity of urban landscapes in Minsk and Svetlogorsk cities are given.

Recommendations for wetlands use and preservation in Minsk taking into account their condition, ecological values, unique features and town planning policies are proposed. It is shown that nature diversity preservation in cities should be based on reliable information, peculiarities and features of landscape.

Т. Г. Флерко

ЛАНДШАФТНЫЕ УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье охарактеризованы ландшафтные условия размещения системы расселения Гомельской области. Показана специфика ее структуры. Рассмотрены особенности размещения сельского и городского населения по видам и родам ландшафтов. Определены густота и плотность сельских поселений в зависимости от ландшафтных условий размещения.

Экологически оптимальное развитие системы расселения предполагает обеспечение благоприятной среды проживания населения и минимизацию негативных воздействий поселений на природную среду. Для его достижения необходимо детальное и всестороннее изучение ландшафтных особенностей размещения населенных пунктов.

Изучением ландшафтных условий системы расселения на примере конкретных территорий занимались Е. В. Волошенко [5], М. Н. Куница [7], Н. К. Клициунова [6], С. И. Яковлева, Е. А. Сухарева [14], С. В. Панков [9], Н. К. Элизбарашивили, Д. А. Николаишвили [12] и др. Выполнялись также работы по оценке социально-демографических показателей ландшафтов [10].

Применительно к региональной системе расселения Гомельской области подобные работы не проводились. Между тем для нее они особенно важны, поскольку здесь сложные экологические условия размещения населенных пунктов из-за масштабного радиоактивного загрязнения территории, а также ее подверженности наводнениям.

Цель работы – выявление ландшафтных особенностей размещения системы расселения Гомельской области. Объектом изучения послужили образующие ее городские и сельские поселения.

Ландшафтные условия размещения указанных поселений определялись с помощью ландшафтных карт административных районов [13] и ландшафтной карты Белорусской ССР [8]. В пределах видов и родов ландшафтов по статистическим данным [1–3] рассчитаны количество населенных пунктов и численность проживающего в них населения за 1986, 1997 и 2007 гг., а также выделены типы населенных пунктов по плотности согласно общепринятой классификации [11].

Структурные особенности системы расселения. Под системой расселения понимается территориальное сочетание поселений, между которыми существует более или менее четкое распределение функций, производственные и социальные связи [4]. Система расселения Гомельской области включает 18 городов, 13 по-

селков городского типа, 4 рабочих поселка и 2 526 сельских поселений.

На начало 2007 г. в области проживало 1 475,9 тыс. чел., 71,2 % составляли городские жители. Средняя плотность населения – 37 чел./ км^2 , что значительно ниже среднереспубликанского уровня (47 чел./ км^2). Плотность населения колеблется от 285 чел./ км^2 в Гомельском районе до 8 чел./ км^2 в Наровлянском, Брагинском и Лельчицком районах.

Плотность сельского населения области составляет 11 чел./ км^2 при средней по республике 12 чел./ км^2 . Среди областей меньшую плотность населения сельской местности имеет только Витебская область – 10 чел./ км^2 .

По плотности города Гомельской области делятся на четыре группы. Гомель с населением около 490 тыс. жителей входит в группу крупных городов Беларуси. Мозырь (112 тыс. чел.) достиг в последнее десятилетие категории большого города. Жлобин, Речица, Светлогорск, Калинковичи и Рогачев относятся к средним городам. Преобладают малые городские поселения – их насчитывается 28, в том числе 11 городов и 17 поселков городского типа. Более половины всего населения области и около 75 % ее городского населения проживает в пяти городах: Гомеле, Мозыре, Жлобине, Речице и Светлогорске. Городские поселения распределены по территории области довольно равномерно.

В рассматриваемом регионе насчитывается 242 (9,6 %) сельских поселения без постоянного населения (преимущественно в районах, загрязненных радионуклидами). Средняя плотность сельских населенных пунктов за период с 1986 по 2007 г. сократилась с 239 до 189 чел. (без учета пустующих деревень). Максимальная плотность поселений характерна для Гомельского (381 чел.), Лельчицкого (258), Добрушского (241) и Житковичского (231 чел.) районов. Наименьшая величина населенных пунктов в районах, наиболее пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС: Чечерском (69 чел.), Брагинском (83), Ветковском (90), Наровлянском (93), Кормянском (98), Лоевском (106) и Хойникском (109 чел.).

В северо-восточных районах области преобладают мелкие и средние поселения (30–50 дворов), в западных и юго-западных районах – средние и крупные поселения, насчитывающие 100 и более дворов. Почти 60 % сельских поселений имеет население до 100 чел., более 40 % – менее 50 чел. Больше всего крупных сел (свыше 1000 чел.) находится в Гомельском, Житковичском и Лельчицком районах.

Ландшафтные условия размещения городских поселений. Городские населенные пункты области расположены в пределах восьми родов ландшафтов, один из которых входит в группу возвышенных, три – средневысотных и четыре – низинных. Городские поселения чаще всего занимают несколько родов ландшафтов. В целом по области 64,8 % городских поселений полностью или частично располагаются в пределах низинных ландшафтов, 33,3 % – средневысотных и 1,9 % – возвышенных (рис. 1).

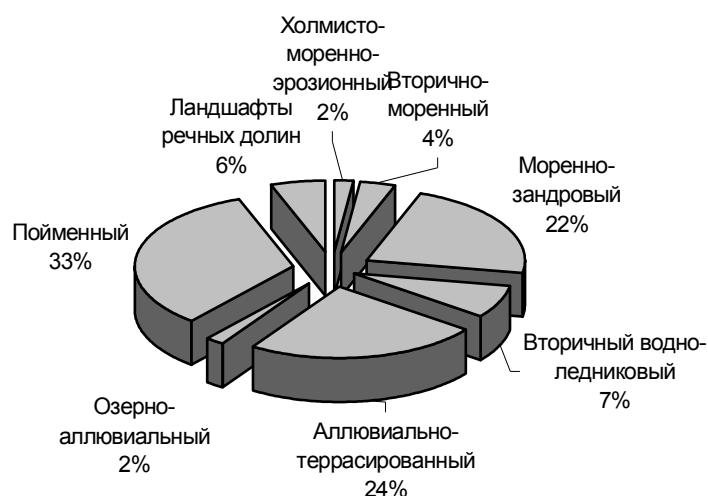


Рис. 1. Ландшафтная структура городских поселений Гомельской области

Чаще всего городские поселения занимают пойменные, аллювиально-террасированные и моренно-зандровые роды ландшафтов. Эта особенность имеет исторические предпосылки: городские поселения возникали преимущественно на берегах рек, служивших основными путями сообщения.

Самый большой в области по занимаемой площади город – Гомель располагается в пределах четырех родов ландшафтов: моренно-зандровых, вторично-водно-ледниковых, аллювиально-террасированных и пойменных (табл. 1). Ландшафтные условия Мозыря характеризуются наличием трех родов: холмисто-моренно-эрэзионного, аллювиально-террасированных и пойменных ландшафтов.

Города, относящиеся к категории средних, распределены следующим образом: однородные ландшафтные условия имеет г. Калинковичи; гг. Жлобин, Речица и Светлогорск расположены в пределах двух родов ландшафтов, г. Рогачев – в пределах трех. Малые города занимают небольшую площадь, шесть из них находятся в границах одного ландшафта, четыре – двух, г. Чечерск занимает три ландшафта. Все рабочие поселки и

79 % поселков городского типа имеют однородные ландшафтные условия.

Ландшафтные условия городов напрямую зависят от их величины: чем крупнее населенный пункт, тем разнообразнее его природные условия. Поселения, возникшие в поймах рек, в процессе роста занимают все большие пространства: речные террасы, а затем и средневысотные или возвышенные ландшафты. При дальнейшем формировании системы расселения возникли малые города, рабочие поселки и поселки городского типа на водоразделах рек – опорные центры сельского расселения. Они, как правило, занимают один или два рода ландшафтов. Самые большие города области частично расположены в пределах низинных ландшафтов, однородные условия средневысотных ландшафтов имеют три малых города, рабочие поселки и шесть поселков городского типа.

Ландшафтные условия размещения сельских поселений. Сельские населенные пункты Гомельской области расположены во всех представленных родах ландшафтов. Максимальное их число размещается в пределах средневысотных ландшафтов, большая часть –

моренно-зандровых и вторичных водно-ледниковых (табл. 2). На втором месте находятся поселения с низинными ландшафтными условиями, преимущественно аллювиально-

террасированными и пойменными. Таким же образом распределяется и проживающее в них население.

Таблица 1. Ландшафтные условия размещения городских поселений Гомельской области

Ландшафты	Города	Рабочие поселки и поселки городского типа	Всего городских поселений
Возвышенные			1
Холмисто-моренно-эрозионный	Мозырь		1
Средневысотные			18
Вторично-моренный		Корма, Сосновый Бор	2
Моренно-зандровый	Гомель, Речица, Буда-Кошелево, Чечерск	Октябрьский, Белицк, Большевик, Заречье, Костюковка, Озаричи, Тереховка, Уваровичи	12
Вторично водно-ледниковый	Гомель, Жлобин, Хойники, Ельск		4
Низинные			35
Аллювиально-террасированный	Гомель, Мозырь, Светлогорск, Рогачев, Калинковичи, Житковичи, Ветка, Петриков, Наровля, Туров	Лельчицы, Копаткевичи, Паричи,	13
Озерно-аллювиальный	Василевичи		1
Пойменный	Гомель, Мозырь, Светлогорск, Жлобин, Речица, Рогачев, Чечерск, Ветка, Добруш, Петриков, Наровля, Туров	Лельчицы, Лоев, Комарин, Копаткевичи, Паричи, Стрешин	18
Ландшафты речных долин	Рогачев, Чечерск	Брагин	3

Таблица 2. Динамика сельского расселения Гомельской области в пределах родов ландшафтов

	Доля населенных пунктов, %			Удельный вес проживающего населения, %			Темп роста (убыли) людности поселений, %		
	1986 г.	1997 г.	2007 г.	1986 г.	1997 г.	2007 г.	1997 к 1986	2007 к 1997	2007 к 1986
Возвышенные ландшафты	1,1	1,1	1,1	2,2	2,2	2,6	82,5	100,8	83,1
Холмисто-моренно-эрозионный	1,1	1,1	1,1	2,2	2,2	2,6	82,5	100,8	83,1
Средневысотные ландшафты	59,1	58,6	59,3	53,6	55,5	55,2	84,3	86,9	73,3
Вторично-моренный	10,9	11,0	11,3	9,8	10,0	9,7	81,8	84,0	68,7
Моренно-зандровый	27,4	26,9	26,8	23,1	24,5	24,7	87,6	89,3	78,2
Вторичный водно-ледниковый	20,8	20,8	21,3	20,7	21,0	20,7	82,4	84,7	69,8
Низинные ландшафты	39,9	40,3	39,6	44,3	42,3	42,2	76,6	90,2	69,1
Аллювиально-террасированный	24,8	25,2	24,5	25,2	22,9	22,6	72,7	89,2	64,9
Озерно-аллювиальный	4,1	4,2	4,2	5,5	5,7	5,6	81,5	86,9	70,9
Пойменный	9,2	9,1	9,3	12,3	12,7	13,1	83,8	90,0	75,4
Ландшафты речных долин	1,7	1,8	1,6	1,3	1,1	1,0	64,4	94,7	61,0
Всего	100	100	100	100	100	100	80,8	88,6	71,6

Численность сельского населения на протяжении последних 22 лет сокращалась. Максимальная убыль наблюдается в поселениях, расположенных в пределах речных долин и аллювиально-террасированных ландшафтов.

Наиболее устойчивыми к убыли населения являются возвышенные ландшафты. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. здесь, как и по всей области, сельское население сокращалось в результате активного миграционного передвижения из сельской местности в города и отрицательного естественного прироста, однако в последнее десятилетие численность населения в этих поселениях начала возрастать, в основном за счет пригородных поселений. Этому способствует их выгодное географическое положение вблизи большого (Мозырь) и среднего (Калинковичи) городов, на пересечении важнейших транспортных путей.

Население средневысотных ландшафтов за изучаемый период сократилось на 31,6 %, низинных – на 36,6 %. При этом максимальная убыль приходится на конец 80-х гг. прошлого столетия. Так, за первое постчернобыльское десятилетие потери сельского населения средневысотных ландшафтов составили 18,5 %, низинных – 24,8 %. Очевидно, радиоактивное загрязнение территории, повлекшее за собой отрицательный естественный и механический прирост населения, оказало максимальное воздействие на трансформацию системы расселения низинных ландшафтов. В их пределах проживает около 95 % населения Брагинского и 78 % – Наровлянского районов. В то же время до 70 % населения восточных районов, поселения которых относятся к зонам первоочередного и последующего отселения, а также периодического радиационного контроля (Ветковский, Чечерский, Кормянский), размещено в средневысотных ландшафтах.

Людность сельских поселений колеблется в широких пределах: от 403 чел. в холмисто-моренном-эрзационных ландшафтах, до 108 чел. в ландшафтах речных долин. В пределах возвышенных ландшафтов преобладают поселения с численностью населения 100–250 чел., 47 % населенных пунктов средневысотных ландшафтов имеют людность до 50 чел., в 60 % поселений низинных ландшафтов проживает до 100 чел. Этот показатель имеет различия и внутри родов ландшафтов. Людность поселений возрастает от восточных и северо-восточных районов к западным и юго-западным, где увеличивается процент заболоченности и лесистости территории.

Однако величину сельских населенных пунктов нельзя объяснить только природными особенностями. Численность населения возрастает в поселениях, расположенных вблизи гг. Гомеля, Мозыря, Светлогорска, Жлобина, Речицы, в местах добычи полезных ископаемых

(д. Глушковичи, Лельчицкий район), в промышленных районах (п. Ильич, Рогачевский район).

Особенности размещения сельских поселений по отдельным ландшафтам. Возвышенные ландшафты. Холмисто-моренно-эрзационный ландшафт – единственный представитель группы возвышенных ландшафтов – занимает небольшие площади на территории Калинковичского и Мозырского районов. В пределах ландшафта расположено 28 сельских поселений (1,1 % общего числа) с численностью населения 11,3 тыс. чел. или 2,6 % всего сельского населения области. Отличительной чертой является самая высокая средняя людность поселений – более 400 чел. Это можно объяснить благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства (плодородные почвы, достаточное увлажнение), а также близким расположением большого города – Мозыря. На протяжении последних 20 лет не наблюдалось значительного сокращения числа поселений, только один населенный пункт вошел в черту города. Почти половина этих поселений по людности относится к группе средних (100–500 чел.).

Средневысотные ландшафты. К средневысотным относятся три рода ландшафтов, получивших распространение на территории Гомельской области: вторично-моренный, моренно-зандровый и вторичный водно-ледниковый. В пределах этой группы ландшафтов находится более 59 % всех населенных пунктов и проживает около 55 % сельского населения. Людность сельских поселений – 159 человек, что на 12 чел. меньше среднеобластного показателя. На снижение этого показателя оказало влияние радиоактивное загрязнение больших площадей Чечерского, Кормянского и Ветковского районов, территории которых в основном занимают названные роды ландшафтов. Отличительной чертой является преимущественное распространение малых поселений (до 50 чел.) – на их долю приходится около 50 % всех населенных пунктов.

Вторично-моренные ландшафты встречаются в восточных и северо-восточных районах области. В их пределах расположено 285 сельских поселений (11,2 % общего числа с населением более 41,9 тыс. чел.). Средняя людность населенных пунктов ландшафтов за постчернобыльский период сократилась на 31 % и составила в 2007 г. 147 чел.

Моренно-зандровые ландшафты распространены в северной и центральной частях области, в междуречьях Днепра, Березины, Сожа, Птичи. Равнинный рельеф, низкая расчлененность территории, плодородные почвы и малая доля заболоченных территорий способствуют развитию густой сети поселений. Здесь расположено самое большое число поселений и проживает около 25 % всего сельского населения области. При этом исторически сложилась сеть по-

селений с небольшой людностью, которая на протяжении двух десятилетий постепенно сокращалась, в основном за счет выселения жителей из населенных пунктов восточных районов (Ветковский, Чечерский, Кормянский). Так, например, на территории холмисто-волнистой моренно-зандровой равнины в Ветковском районе людность поселений за 1986–2007 гг. уменьшилась с 134 до 4 чел.

Вторичные водно-ледниковые умеренно дренированные ландшафты являются самыми распространенными на территории как Гомельской области, так и республики в целом. Они представлены во всех районах области, за исключением Октябрьского.

Преимущественное развитие песчано-супесчаных почв и высокая лесистость способствуют уменьшению сельскохозяйственного использования ландшафтов. Данный род ландшафта находится на третьем месте по количеству населенных пунктов и численности проживающего населения. Среди средневысотных ландшафтов условия вторичных водно-ледниковых способствуют развитию поселений с большей людностью. Максимальная она на юго-западе Гомельской области – 468 чел. (Лельчицкий район), в зоне влияния областного центра – 309 чел. (Гомельский район) и в пригороде Жлобина – 278 чел. Этот показатель сокращается при движении от областного центра к периферии, достигая наименьших значений в районах, наиболее пострадавших от радиоактивного загрязнения. В Наровлянском районе среднее число жителей в сельских населенных пунктах в пределах водно-ледниковой равнины за 22 года сократилось с 97 до 8 чел., значительные участки ландшафтов этих административных районов не заселены.

Таким образом, самую низкую людность поселений в группе средневысотных ландшафтов предопределили условия вторично-моренных ландшафтов. Здесь максимальные показатели распаханности территории и низкая лесистость. С увеличением площадей, занятых под лесами, лугами, болотами и сокращением пахотных угодий возрастают средняя людность поселений и расстояние между населенными пунктами.

Низинные ландшафты. Низинные ландшафты представлены четырьмя родами: аллювиально-террасированными, озерно-аллювиальными, пойменными и ландшафтами речных долин. В них сконцентрировано около 40 % всех сельских поселений с населением 182,3 тыс. чел. (42 %). Средняя людность поселений – 183 человека, причем в постчернобыльский период темпы убыли этого показателя достигли максимальных значений. Четвертая часть всех поселений относится к группе средних (100–500 чел.).

Отрицательную динамику численности населения в пределах группы низинных ландшаф-

тов можно объяснить не только природными особенностями, но и преимущественно социально-экономическими и экологическими факторами. Первоначальное заселение территории области происходило по рекам, в первую очередь были освоены наиболее удобные речные пути и разделяющие их волока. В дальнейшем для сельскохозяйственного освоения выбирались наиболее удобные возвышенные территории, поселения на более низких и заболоченных участках исчезали. Выселение сельских поселений в пределах низинных ландшафтов за период 1986–2007 гг. обусловлено неблагоприятной экологической обстановкой (загрязнение радионуклидами), сложившейся в южной части области.

Аллювиально-террасированные слабодренированные ландшафты встречаются по всей территории Гомельской области, самые большие их площади занимают южные районы (террасы Припяти и Сожа). В пределах данных ландшафтов расположено 62 % сельских поселений низинных ландшафтов (24,5 % всех сельских поселений) и проживает 54 % населения (22,6 %). Людность поселений ниже среднеобластного значения – 157 чел.

Озерно-аллювиальные ландшафты распространены по левобережью р. Припять. В условиях озерно-аллювиальных ландшафтов проживает 5,5 % всего сельского населения в 106 поселениях (4,2 %). С 1986 г. по настоящее время численность населения сократилась на 32,9 %. При этом людность поселений остается одной из самых высоких в области – 226 чел.

Пойменные ландшафты распространены в поймах крупных рек (Днепра, Припяти, Сожа, Бerezины, Птичи, Уборти). Самыми густозаселенными участками пойменных ландшафтов являются плоско- и крупногравийная поймы. В целом в поймах крупных рек находятся 234 сельских поселения с общим количеством жителей 56,6 тыс. чел. (13,1 %). Средняя людность поселений – 242 чел., вторая по величине среди всех родов ландшафтов, представленных на территории Гомельской области.

Ландшафты речных долин занимают минимальную площадь в ландшафтной структуре области. К данному роду ландшафтов относятся долины рек Брагинка, Друть и Чечера. В речных долинах находятся 40 сельских населенных пунктов, проживает 4,3 тыс. человек (1 %). За исследуемый период численность населения сократилась почти вдвое. Отрицательную динамику населения ландшафтов можно объяснить вынужденным выселением из поселений Брагинского и Чечерского районов, при этом семь населенных пунктов вообще сняты с учета. Средняя людность – 108 чел. Это самый низкий показатель в области.

Проведенный анализ показал, что система расселения Гомельской области охватывает во-

семь родов ландшафтов. Внутреннее ландшафтное разнообразие городов зависит от их величины. Чем крупнее город, тем больше родов ландшафтов выделяется на его территории. Большинство городских поселений полностью или частично расположено в пределах низинных ландшафтов (65 % площади).

Сельское население проживает преимущественно в условиях средневысотных ландшафтов (55 %). На втором месте находятся низинные ландшафты (42 %). Максимальное число сельских жителей приходится на моренно-зандровые и вторичные водно-ледниковые ландшафты. Среди низинных ландшафтов самыми заселенными являются аллювиально-террасированные, на территории которых расположено около трети всех поселений области и проживает третья часть сельских жителей. Поселения низинных ландшафтов характеризуются максимальной убылью населения, среди основных причин – сложившаяся неблагоприятная радиоэкологическая обстановка.

По личности самые большие сельские поселения находятся в пределах холмисто-моренно-эрэзионных ландшафтов. Эти поселения яв-

ляются пригородными, расположеными вблизи второго по величине в области г. Мозыря и крупного железнодорожного узла – г. Калинковичи. Развитию густонаселенной сети поселений способствуют также благоприятные условия для ведения сельского хозяйства.

Самый низкий показатель людности сельских поселений характерен для ландшафтов речных долин. Это поселения Брагинского и Черечского районов, наиболее пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

К благоприятным для расселения можно отнести условия моренно-зандровых и вторично-моренных ландшафтов с низкой степенью заболоченности территории. Поселения, расположенные в их пределах, реже подвержены риску подтопления. Несколько ниже уровень благоприятности у вторичных водно-ледниковых и холмисто-моренно-эрэзионных ландшафтов. Значительная часть находящихся здесь поселений расположена среди болотных массивов.

Низинные ландшафты отличаются удовлетворительными и неблагоприятными условиями для размещения поселений, главным образом из-за подверженности наводнениям.

Л и т е р а т у р а

1. Административное деление, численность и возрастной состав сельского населения Гомельской области по состоянию на 1 января 1986 года. Гомель, 1986.
2. Административное деление, численность и возрастной состав сельского населения Гомельской области по состоянию на 1 января 1997 года. Гомель, 1997.
3. Административное деление, численность и возрастной состав сельского населения Гомельской области по состоянию на 1 января 2007 года. Гомель, 2007.
4. **Алаев Э. Б.** Социально-экономическая география. Понятийно-терминологический словарь / Э. Б. Алаев. М., 1984.
5. **Волошенко Е. В.** К вопросу взаимодействия ландшафтов и сельского расселения южной части северо-запада РСФСР // Вестник ЛГУ. Серия: Геология. География. 1977. № 24. С. 93–99.
6. **Клициунова Н. К.** Ландшафтный анализ территории района для целей сельскохозяйственной планировки (на примере группы районов Витебской области): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: Мин., 1971.
7. **Куница М. Н.** Основные направления и уровни влияния природно-территориальных комплексов на систему расселения // География и природные ресурсы. 1991. № 3. С. 112–119.
8. Ландшафтная карта Белорусской ССР (масштаб 1:600000) / Сост. Н. К. Клициунова и др. М., 1984.
9. **Панков С. В.** Сельские селитебные ландшафты Окско-Донской равнины (в пределах Тамбовской области): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Тамбов, 2003.
10. **Пилецкий И. В.** Анализ социально-демографических проблем Белорусского Поозерья на основе ландшафтно-экологического подхода // Географія: проблеми викладання. 2006. № 4. С. 13–18.
11. СНБ 3.01.04-02 «Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов» / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Мин., 2003.
12. **Элизбарашили Н. К., Николаишвили Д. А.** Ландшафтный анализ размещения населения Грузии // География и природные ресурсы. 2006. № 4. С. 150–155.
13. Энциклопедыя прыроды Беларусі: у 5 т. / Рэдкал.: І. П. Шамякін (гал. рэд.) і інш. Мінск: БСЭ, 1983–1986. 5 т.
14. **Яковлева С. И., Сухарева Е. А.** Типы сельских населенных пунктов Тверской области на ландшафтной основе // Изменение природных комплексов в результате антропогенной деятельности. Тверь, 1992. С. 90–101.

T. Г. Флерко**ЛАНДШАФТНЫЕ УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ
СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Представлены результаты исследования ландшафтных условий размещения системы расселения Гомельской области. Показаны ее структурные особенности. Установлено, что система расселения региона охватывает восемь родов ландшафтов. Около 65 % городских поселений полностью или частично расположено в пределах низинных ландшафтов. Чем крупнее город, тем разнообразнее его ландшафтные условия. Более половины всего сельского населения проживает в условиях средневысотных ландшафтов. При этом поселения, расположенные в пределах низинных ландшафтов (40 % от общего числа), характеризуются максимальной убылью населения, среди основных причин – сложившаяся неблагоприятная радиоэкологическая обстановка и подверженность наводнениям. Определена степень благоприятности различных ландшафтных условий для размещения населенных пунктов.

T. G. Flerko**LANDSCAPE CONDITIONS OF STATIONING OF
SETTLEMENT SYSTEM OF GOMEL DISTRICT**

Investigation results of landscape conditions of stationing of settlement system of Gomel district are presented. Its structural features are shown. It has been found that settlement system of the region covers eight types of landscapes. About 65 % of city settlements fully or partially are in the limits of lowland landscapes. The larger city, the more varying its landscape conditions. More than half of all villagers live in the conditions of mid-high landscapes. Settlements, located in the limits of low-land landscapes (40 % of total number) are characterized by maximal residents reduction, one of the reason is an unfavorable radio-ecological situation and floods occurrence. The rate of favorable state of various landscape conditions for settlements location has been defined.

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ¹

Для территории Беларуси построены регрессионные региональные модели расчета максимальных модулей стока воды весеннего половодья 1%-ной обеспеченности с использованием гидрографических характеристик водосборов рек.

Проблема определения гидрологических характеристик при отсутствии или недостаточности данных наблюдений остается в гидрологии одной из главных. Это имеет место не только в Беларуси, где на более чем 20 тыс. рек и ручьев приходится только 123 гидрологических поста, но и для других стран и территорий [2, 5]. В то же время при решении многих научных и практических задач, в частности при проектировании и эксплуатации мелиоративных систем, автомобильных и железных дорог, нефте- и газопроводов, оценке водных ресурсов и изменений гидрологического режима и т.д. необходима информация об основных гидрологических характеристиках. Причем в большинстве случаев приходится иметь дело с отсутствием данных наблюдений и в редких случаях есть пункты наблюдений выше и ниже по течению между исследуемыми пунктами, когда гидрологические данные можно интерполировать. Поэтому, при отсутствии данных наблюдений, как правило, используются региональные модели и коэффициенты для определения гидрологических характеристик. Ситуация осложняется еще и тем, что в республике до настоящего времени не разработан СНиП по определению основных гидрологических расчетов и до сих пор пользуются СНиПом 1983 г. [3], хотя в России он уже отменен. Изданное в Беларуси Пособие к СНиП [4], также утратило свою юридическую силу, что крайне затрудняет работу проектных организаций. Кроме того, с момента выхода в свет перечисленных нормативных документов прошло достаточно много времени, накопился большой объем гидрологической информации, усилились антропогенные воздействия, что требует обобщения, усовершенствования существующих и разработки новых, достаточно простых и эффективных региональных зависимостей.

Цель настоящего исследования – разработка региональных моделей определения максимальных модулей стока воды в зависимости от гидрографических факторов.

В основу исследования положены материалы наблюдений за максимальными расходами воды весеннего половодья Гидрометеорологического центра Республики Беларусь по 146 гидростворам с наиболее продолжительными

рядами наблюдений и площадями водосборов до 5 тыс. км².

В связи с тем что в рядах наблюдений имеются пропуски, они восстановлены с помощью программного комплекса «Гидролог». По приведенным к многолетнему периоду рядам наблюдений определялись параметры и расходы воды 1 и 5 %-ной обеспеченности с использованием трехпараметрического гамма-распределения [1].

В настоящее время для определения гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений для неизученных рек используются методы водного баланса, гидрологической аналогии, осреднения в однородном районе, построение карт изолиний, построение региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов и построение погодичных зависимостей между стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами [2].

К сожалению, использовать формулу для определения максимальных расходов воды весеннего половодья, рекомендованную Пособием [2], затруднительно, так как информация о слоях стока весеннего половодья после 1980 г. отсутствует, а самостоятельное определение слоев стока по среднесуточным расходам достаточно субъективно в связи с тем, что дата окончания половодья является формализованной величиной. В качестве предполагаемых гидрографических факторов выбраны следующие: A – площадь водосбора, км²; H – средняя высота водосбора, м; L – длина реки от истока до замыкающего створа, км; I_p – средний уклон реки, ‰; I_b – средний уклон водосбора, ‰; ρ – густота речной сети, км/км²; $A_{оз}$ – озерность, %; $A_{бол}$ – заболоченные территории, %; $A_{лес.заб.}$ – площадь заболоченного леса, %; $A_{лес сух.}$ – сухой лес, %. Для оценки влияния зависимости кроме гидрографических характеристик использовались и географические координаты центров тяжести водосборов относительно г. Минска: ϕ – широта, км; λ – долгота, км.

Для построения моделей применялись данные по 96 водосборам, а данные по 50 водосборам использовались для тестирования полученных моделей. Методика построения регио-

¹Работа выполнена при поддержке грантов БРФФИ № Х06М-013 и БРФФИ- Брест 2006.

нальных зависимостей (между функцией Y и аргументами X_1, X_2, \dots), используемая в настоящем исследовании, основана на методе множественной линейной регрессии и уравнении вида:

$$Y = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i \cdot X_i. \quad (1)$$

При этом рассматривались три вида структуры уравнения [1]:

- структура, соответствующая известной в гидрологии редукционной формуле, основанной на логарифмическом преобразовании как функции, так и аргументов;
- аддитивная структура уравнения в виде суммы аргументов с соответствующими коэффициентами;
- мультипликативная структура, в которую помимо отдельных слагаемых включались парные произведения факторов, учитывающие совместные эффекты.

Помимо прямолинейной зависимости рассматривались некоторые простые линеаризуемые преобразования факторов: логарифмическое, экспоненциальное и степенное. Выбор функционального преобразования фактора осуществлялся, если коэффициент парной корреляции при этом преобразовании статистически значимо отличался от коэффициента парной корреляции прямолинейной зависимости. Статистическая значимость определялась с помощью неравенства:

$$|R_{cp\Pi}| \geq |R_\Pi| + \sigma_R, \quad (2)$$

где $R_{cp\Pi}$ – коэффициенты парной корреляции при рассматриваемом функциональном преобразовании фактора и прямолинейной зависимости;

Таблица 1. Корреляционная матрица максимальных модулей стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности и гидрографических факторов

Факторы	Факторы										
	A	H	L	I _p	ρ	A _{оз}	A _{бол}	A _{лесзаб}	A _{лес сух.}	λ	φ
M _{1%}	-0,17	0,25	-0,24	0,19	0,14	-0,20	-0,27	-0,26	0,07	0,05	0,19

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции на 5 %-ном уровне значимости.

Анализ корреляционной матрицы зависимости максимальных модулей стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности от определяющих гидрологических факторов (табл. 1) показывает, что статистически значимыми являются средняя высота водосбора, расстояние от истока, заболоченность территории, площадь заболоченного леса. При этом абсолютные значения коэффициента корреляции не превышают 0,3. Это вызвано различными условиями формирования максимального стока на реках Беларуси.

Помимо стандартных показателей дополнительно были введены суммарные факторы: площадь водосбора под лесом (сухой лес + заболоченный лес) и заболоченность водосбора (болота и заболоченный лес), а также факторы

σ_R – стандартная погрешность коэффициента корреляции прямолинейной зависимости.

Для оценки эффективности построенных моделей использовались характеристики остатков, представляющих собой разности между фактическими и расчетными значениями, полученными как на зависимой, так и на независимой выборке. В качестве основных обобщенных характеристик остатков рассматривались их средние значения ε_{cp} и стандартное отклонение σ_ε . При использовании метода наименьших квадратов средний остаток, определенный на зависимой выборке, всегда равен нулю, вместе с тем при оценке на независимой выборке отклонение среднего остатка от нуля будет характеризовать систематическую погрешность. Кроме того, считая, что коэффициент детерминации R^2 характеризует долю объясненной неопределенности, его отклонение от 1, выраженное в процентах, будет характеризовать стандартную погрешность ($\Delta, \%$), которая определяется следующим образом [1]:

$$\Delta = 1 - R^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_y^2} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где σ_y^2 – дисперсия исходного ряда.

На предварительном этапе исследования выполнен анализ корреляционной матрицы максимальных модулей стока весеннего половодья 1 % и 5 %-ной обеспеченности и гидрографических факторов (табл. 1), а также линеаризуемых преобразований факторов и парных произведений факторов, что позволило уже на этом этапе исключить из рассмотрения второстепенные факторы.

совместного воздействия, причем влияние одного из них изменяется в зависимости от влияния другого. Так, произведение $I_p \cdot H$ характеризует влияние уклона реки на увеличение максимального модуля стока в зависимости от высоты водосбора, т.е. чем больше высота, и уклон водосбора, тем больше влияние на увеличение модуля. Интерпретация произведения $I \cdot A_{лес}$ состоит в том, что лесистость уменьшает модуль максимального стока, но это уменьшение зависит и от уклона реки.

Дальнейшая линеаризация зависимостей путем представления их в виде десятичного логарифма позволила повысить значимость вышеуказанных факторов и включить площадь водосбора, средний уклон реки, заозеренность, а так-

же произведения $I_p \cdot H$, $A \cdot A_{лес}$ и $I \cdot A_{лес}$. При этом коэффициент корреляции модуля стока с суммарной заболоченности был наибольшим и составил $r = -0,46$.

На основе критерия (2) установлено, что статистически значимое преобразование путем представления факторов в виде десятичного логарифма имеет место для площади водосбора ($\lg(A+1)$), среднего уклона реки ($\lg I$), длины реки ($\lg L$), заозеренности ($\lg(A_{бол}+1)$), суммарной заболоченности ($\lg(A_{сум.бол}+1)$), произведения уклона реки на среднюю высоту водосбора ($\lg I_p \cdot H$), произведения уклона реки на процент площади водосбора, занятой под лесом ($\lg I \cdot A_{лес}$), произве-

дения площади водосбора и процента водосбора, занятого лесом ($\lg A \cdot A_{лес}$).

Дальнейшее повышение корреляционных связей было достигнуто путем линеаризируемого преобразования модуля стока, т. е. $\lg M_{1\%}$, что позволило увеличить значимость коэффициентов корреляции.

В результате регрессионного анализа получен ряд статистически значимых моделей для определения максимальных модулей стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности в зависимости от различных сочетаний определяющих факторов для Беларуси в целом:

$$M_{1\%} = \frac{1892}{(A+1)^{0,201} \cdot (A_{лес}+1)^{0,117}}, (R=0,45); \quad (4)$$

$$M_{1\%} = 853 - 157,76 \cdot \lg L - 299,25 \cdot \lg(A_{сум.бол}+1), (R=0,55); \quad (5)$$

$$M_{1\%} = \frac{1841}{(A_{сум.бол}+1)^{0,441} \cdot (A \cdot A_{лес}+1)^{0,117}}, (R=0,63); \quad (6)$$

$$M_{1\%} = 45,13 \cdot (I_p \cdot H)^{0,332} \cdot 10^{0,005} \cdot (\varphi - 12 \cdot A_{сум.бол}), (R=0,66); \quad (7)$$

$$M_{1\%} = \frac{58,18 \cdot (\varphi + 400)^{0,479} \cdot (I_p \cdot A_{лес}+1)^{0,293}}{(A_{o3}+1)^{0,220} \cdot (A_{сух.лес}+1)^{0,560} \cdot (A_{сум.бол}+1)^{0,250}}, (R=0,71) \quad (8)$$

где $M_{1\%}$ – модуль максимального стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности, л/с·км²; A – площадь водосбора, км²; $A_{лес}$ – доля водосбора, занятая лесом, %; L – длина реки, км; $A_{сум.бол}$ – доля водосбора, занятая болотами и заболоченными лесами, %; I – средний уклон реки, %; H – средняя высота водосбора, м; φ – широта центра тяжести водосбора для расчетного створа в прямоугольной системе координат с началом координат в г. Минске, км; A_{o3} – доля водосбора, занятая под сухим лесом, %.

Проверка модели на независимом материале показала, что для модели (6) в диапазоне $\pm 10\%$ попало 9 % всех точек; $\pm 20\%-27\%$, $\pm 50\%-71\%$; для модели (7) эти показатели соответственно равны 11 %, 31 %, 69 %, а для модели (8) – 17 %, 31 %, 72 %.

Анализ полученных региональных зависимостей (4)–(8) продемонстрировал, что наиболее эффективными являются факторы, включающие совместные эффекты (произведения) гидрографических факторов. Модели (7) и (8) имеют приемлемые коэффициенты множественной корреляции для класса региональных зависимостей максимального стока, исходя из критерия оптимальности между наибольшим значением множественной корреляции и наименьшим числом коэффициентов регрессии предпочтение следует отдать модели (7). Таким образом, используя такие простые региональные зависимости мак-

симального стока от гидрографических характеристик реки и водосбора можно получить приемлемые для практики результаты без применения каких-либо других гидрометеорологических параметров.

В связи с разнородностью условий формирования максимальных модулей стока весеннего половодья на территории Беларуси нами выполнен анализ степени влияния тех или иных факторов в пределах отдельных крупных речных бассейнов: Западная Двина, Днепр, Припять и Неман.

Рассмотрим влияние гидрографических характеристик на формирование максимальных модулей стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности на основных водосборах Беларуси (табл. 2).

Как показал анализ корреляционной матрицы с учетом критерия (2), площадь водосбора, представленная в виде десятичного логарифма $\lg A$ имеет статистически значимые отрицательные коэффициенты корреляции стока рек Беларуси в целом, а также для рек водосборов Припяти, Днепра, Западной Двины. Для рек водосбора Немана эта связь статистически незначима в целом для бассейна, хотя для отдельных территорий бассейна имеют место значимые коэффициенты корреляции. Связь максимального стока со средней высотой водосбора отмечается на всей территории, кроме бассейна Днепра.

Таблица 2. Корреляционная матрица

Гидографическая характеристика	Преобразования	Бассейн реки									
		Беларусь		Западная Двина		Днепр		Припять		Неман	
		$M_{1\%}$	$\lg M_{1\%}$	$M_{1\%}$	$\lg M_{1\%}$	$M_{1\%}$	$\lg M_{1\%}$	$M_{1\%}$	$\lg M_{1\%}$	$M_{1\%}$	$\lg M_{1\%}$
Площадь водосбора	A	-0,168	-0,241	-0,330	-0,472	-0,212	-0,243	-0,301	-0,237	-0,050	-0,247
	$\lg A$	-0,360	-0,366	-0,306	-0,457	-0,454	-0,212	-0,415	-0,316	-0,082	-0,230
Средняя высота водосбора	H	0,248	0,438	0,521	0,483	0,052	0,202	0,781	0,620	0,324	0,427
	$\lg H$	0,254	0,445	0,509	0,473	0,069	0,232	0,760	0,618	0,323	0,421
Длина реки	L	-0,236	-0,293	-0,393	-0,343	-0,289	-0,294	-0,265	-0,194	-0,317	-0,543
	$\lg L$	-0,403	-0,350	-0,332	-0,308	-0,515	-0,515	-0,201	-0,095	-0,261	-0,399
Уклон реки	I_p	0,191	0,290	0,689	0,649	0,098	0,217	0,780	0,652	0,351	0,480
	$\lg I_p$	0,347	0,552	0,645	0,597	0,253	0,492	0,690	0,608	0,378	0,535
Густота речной сети	ρ	0,143	0,181	0,329	0,290	0,110	0,101	0,052	0,055	0,496	0,437
	$\lg \rho$	0,141	0,153	0,306	0,277	0,148	0,087	0,042	0,042	0,497	0,451
Заозеренность	$A_{оз}$	-0,199	-0,280	-0,489	-0,556	-0,174	-0,260	0,057	0,019	-0,249	-0,191
	$\lg A_{оз}$	-0,238	-0,297	-0,503	-0,559	-0,174	-0,260	0,057	0,019	-0,266	-0,214
Заболоченность территории	$A_{бол}$	-0,267	-0,340	0,008	-0,010	-0,366	-0,351	-0,371	-0,391	-0,307	-0,435
	$\lg A_{бол}$	-0,392	-0,382	-0,086	-0,116	-0,555	-0,514	-0,568	-0,486	-0,328	-0,462
Площадь заболоченного леса	$A_{лесзаб}$	-0,264	-0,405	-0,099	-0,090	-0,169	-0,409	-0,386	-0,303	0,119	-0,033
	$\lg A_{лесзаб}$	-0,272	-0,448	-0,266	-0,220	-0,091	-0,322	-0,488	-0,395	0,121	-0,041
Сухой лес	$A_{лес сух.}$	0,067	-0,117	-0,280	-0,219	0,191	-0,025	-0,374	-0,356	0,297	0,244
	$\lg A_{лес сух.}$	0,037	-0,142	-0,303	-0,237	0,147	-0,032	-0,469	-0,464	0,283	0,216
Суммарная заболоченность	$A_{сум. бол}$	-0,377	-0,537	-0,092	-0,087	-0,337	-0,549	-0,634	-0,585	-0,146	-0,329
	$\lg A_{сум. бол}$	-0,461	-0,590	-0,182	-0,162	-0,403	-0,578	-0,774	-0,605	-0,181	-0,338
Общая залесенность	$A_{лес}$	-0,099	-0,308	-0,202	-0,167	0,073	-0,227	-0,453	-0,401	0,288	0,187
	$\lg A_{лес}$	-0,084	-0,288	-0,268	-0,213	0,080	-0,152	-0,558	-0,510	0,268	0,169
Широта	ϕ	0,195	0,294	0,062	0,104	-0,102	0,075	0,136	0,184	0,499	0,456
	$\lg \phi$	0,204	0,299	0,057	0,106	-0,092	0,084	0,194	0,249	0,435	0,390
Долгота	λ	0,048	0,127	-0,394	-0,431	0,094	0,225	0,385	0,282	0,205	0,443
	$\lg \lambda$	0,093	0,185	-0,385	-0,423	0,129	0,283	0,287	0,191	0,219	0,455
Произведение уклона реки на высоту водосбора	$I_p \cdot H$	0,174	0,263	0,714	0,669	0,086	0,198	0,833	0,667	0,343	0,465
	$\lg I_p \cdot H$	0,345	0,557	0,662	0,613	0,231	0,466	0,738	0,642	0,379	0,529
Произведение уклона реки на площадь леса	$I_p \cdot A_{лес}$	0,168	0,228	0,411	0,414	0,101	0,198	0,272	0,265	0,382	0,477
	$\lg I_p \cdot A_{лес}$	0,299	0,360	0,446	0,437	0,268	0,347	0,275	0,207	0,413	0,487

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Длина реки тесно связана с площадью водосбора ($r = 0,93$), что естественно, вид связи имеет схожий характер по всей территории. Наибольшие коэффициенты корреляции логарифма модуля стока 1 %-ной обеспеченности с длиной реки наблюдаются в бассейне Немана. Статистически значимые связи логарифма модуля стока 1 %-ной обеспеченности с уклоном реки имеют место как для всей территории Беларуси, так и для отдельных бассейнов. Густота речной сети статистически значимо влияет на формирование максимальных модулей стока только в бассейне Немана, а влияние озер для определения логарифма модуля максимального стока 1 %-ной обеспеченности статистически значимо проявляется для территории Беларуси в целом и только для бассейна Западной Двины. Влияние болот

на формирование максимального стока имеет место как для всей территории Беларуси, так и для отдельных ее бассейнов, кроме Западной Двины. Наибольшие коэффициенты корреляции логарифма модуля максимального стока 1 %-ной обеспеченности с заболоченной территорией получены для бассейна Днепра. Влияние заболоченного леса проявляется при рассмотрении территории Беларуси в целом и для бассейнов Днепра и Припяти. Связь сухого леса с максимальными модулями стока имеет место только для бассейна Припяти.

В результате проведенных исследований получены региональные модели, приведенные в табл. 3, за исключением бассейна Немана, для которого не удалось получить адекватной модели.

Таблица 3. Уравнения региональных моделей максимальных модулей стока 1 %-ной обеспеченности рек Беларуси

Бассейн	Модель	Коэффициент корреляции
Днепр	$M_{1\%} = 721,49 \cdot \lg A - 1577,48 \cdot \lg L - 25,18(A_{\text{бол}} + A_{\text{заблес}}) - 437,54 \cdot \lg(I \cdot A_{\text{лес}}) + 1743,93$	0,85
Западная Двина	$M_{1\%} = 0,5760 \cdot I \cdot H - 58,3215 \cdot \lg A_{\text{лес}} + 169,6141$	0,73
Припять	$M_{1\%} = 0,4178 \cdot I \cdot H - 1,5178 \cdot (A_{\text{бол}} + A_{\text{лес}}) - 0,7911 \cdot A_{\text{лес}} + 167,8656$	0,87

По результатам проверки на независимом материале лучшие показатели дала модель, полученная по бассейну Западной Двины, в 10 % ошибки попало 30 % рек, в 20 % – 45 %, в 50 % – 86 % рек. Несколько худшие результаты показала модель Припяти: в 10 % ошибки попало 22 % рек, в 20 % – 44 %, в 50 % – 84 % рек. Самыми плохими результатами оказались по Днепру, где в 50 % ошибки попало только 45 % рек, в 20 % – 21 %, в 10 % – 10 % рек.

Большой интерес представляет всесторонний анализ остатков, который включает в себя

оценчивание резко отклоняющихся экстремальных значений и случайности остатков в зависимости от каждого фактора, входящего в уравнение, и от расчетных значений $M_{1\%p}$. Проведенный анализ остатков региональных зависимостей показал, что полосы остатков можно практически во всех случаях принять горизонтальными, и это свидетельствует о правильности построенных моделей. На рис. 1–3 приведены сравнительные графики расчетных $M_{1\%p}$ и фактических $M_{1\%f}$ величин 1 %-ных модулей стока весеннего половодья.

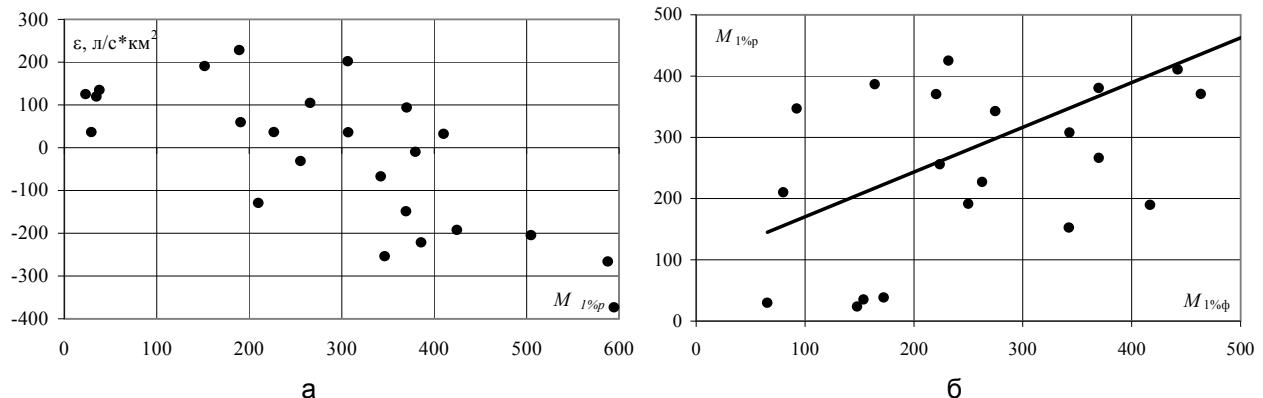


Рис. 1. Графики анализа остатков ϵ , региональной зависимости для бассейна Днепра: зависимости и расчетных значений $M_{1\%p}$ (а), а также связь между расчетными и фактическими значениями $M_{1\%}$ (б)

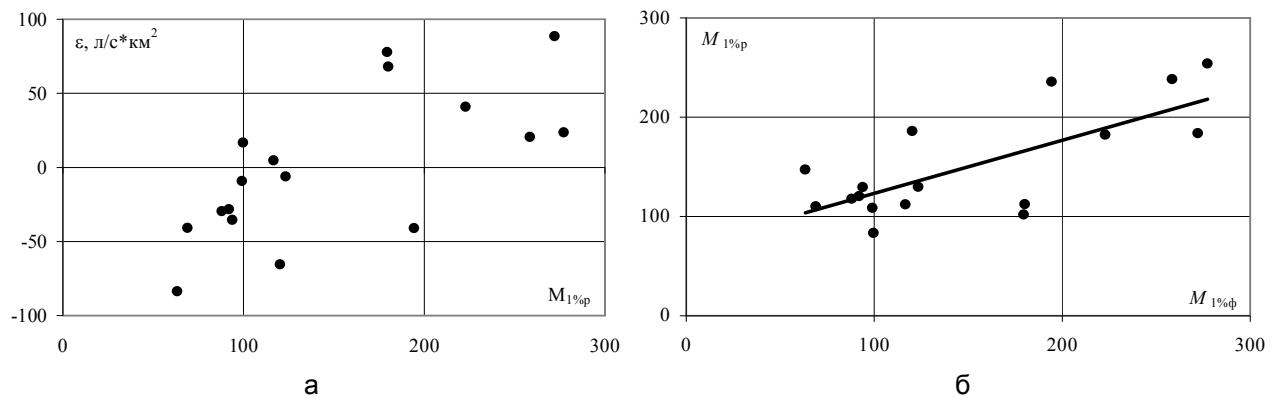


Рис. 2. Графики анализа остатков ϵ , региональной зависимости для бассейна Западной Двины: зависимости и расчетных значений $M_{1\%p}$ (а), а также связь между расчетными и фактическими значениями $M_{1\%}$ (б)

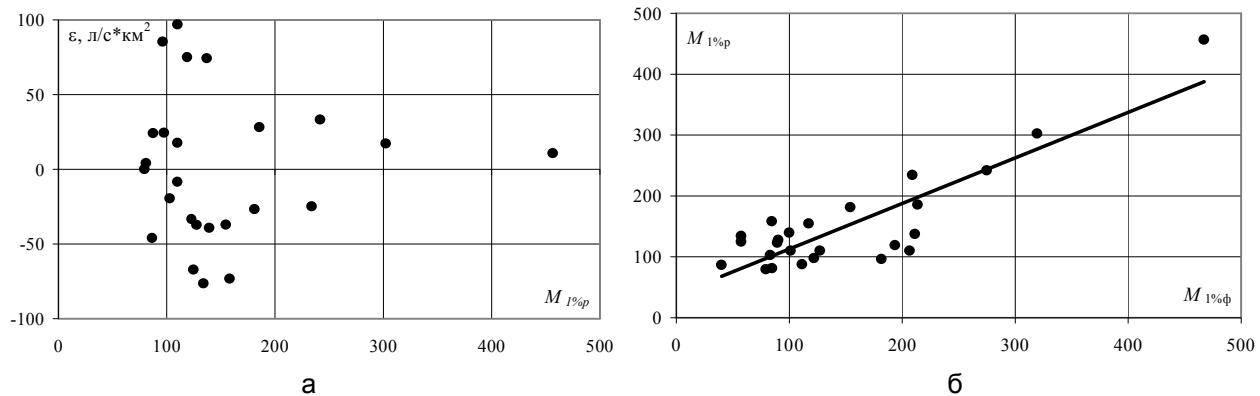


Рис. 3. Графики анализа остатков ε , региональной зависимости для бассейна Припяти: зависимости и расчетных значений $M_{1\%rp}$ (а), а также связь между расчетными и фактическими значениями $M_{1\%}$ (б)

Выполненные исследования показали возможность построения регрессионных региональных моделей стока воды весеннего половодья с использованием гидографических характеристик водосборов рек. Полученные модели для водосборов Днепра, Западной Двины и Припяти

являются достаточно эффективными и позволяют определять расчетные характеристики максимального стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности с точностью, приемлемой для решения многих практических задач.

Л и т е р а т у р а

1. Волчек А. А. Автоматизация гидрологических расчетов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Тр. междунар. науч.-практ. конф. по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений. Брест, 1998. С. 55–59.
2. Лобанов В. А., Никитин В. Н. Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидографических факторов // Метеорология и гидрология. 2006. № 11. С. 60–69.
3. Пособие к строительным нормам и правилам. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. Мин., 2000.
4. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М., 1983.
5. IAHS Newsletter, NL 81, November 2004, 15.

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ

Для водосборов Припяти, Немана, Западной Двины построены регрессионные региональные модели расчета максимальных модулей стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности с применением гидографических характеристик водосборов рек. Использованы три структуры зависимостей: структура редукционной формулы, аддитивная и мультипликативная. Оценка эффективности полученных моделей осуществлялась как на зависимом, так и на независимом материале наблюдений. Показано, что даже такие простые региональные зависимости являются достаточно эффективными и позволяют определять расчетные характеристики максимального стока при отсутствии данных наблюдений с приемлемой для практики точностью.

V. F. Loginov, A. A. Volchek, An. A. Volchek

DEFINITION OF MAXIMAL MODULES OF SPRING FLOOD SINK IN BEALRUS RIVERS

For Pripyat', Neman, W. Dvina regressive regional models of calculation of maximal modules of spring flood sink of 1 %-provision with the use of hydrographical characteristics of rivers water catchments have been constructed. Three dependence structure have been applied: reduction formula structure, additive and multiplicative one. The obtained models efficiency assessment was realized both on the dependent and independent observation material. It was shown that even such simple regional dependences are rather effective and allow to determine calculated characteristics of maximal sink with possible for practice exactness whilst observation data are absent.

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧИСЛА ДНЕЙ СО ШКВАЛАМИ В БЕЛАРУСИ

Рассмотрено изменение числа дней со шквалами на территории Беларуси и особенности их формирования. Они имеют большую пространственную и временную изменчивость. Пространственная изменчивость шквалов Беларуси оценивалась с помощью картирования их характеристик. Временные ряды количества дней в году со шквалами исследовались с помощью стандартных статистических методов (средних значений по метеостанциям, коэффициентов вариации).

В настоящее время изменение климата выходит на первый план среди других экологических проблем. Об этом свидетельствует большое количество исследований как за рубежом, так и в нашей стране. Усилия ученых сосредоточены в основном на анализе таких метеорологических характеристик, как температура воздуха, атмосферные осадки и др., и в меньшей степени на опасных метеорологических явлениях, хотя они наносят серьезный экономический ущерб экономике. Среди наиболее опасных метеорологических явлений на территории Беларуси следует отметить шквалы.

Шквалы – резкое, кратковременное, обычно предгрозовое усиление ветра до 25–35 м/с. Это явление длится несколько минут и захватывает узкую полосу в несколько сотен метров. Возникновение шквала связано с развитием мощных кучево-дождевых облаков, сопровождающихся большей частью грозами и ливнями, часто с градом [1, 2].

Цель нашей работы – анализ пространственно-временных колебаний количества шквалов на территории Беларуси в современных условиях.

Основными исходными материалами при исследовании пространственно-временной структуры количества шквалов в Беларуси послужили среднемесячные данные государственного кадастра по климату Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департамента по гидрометеорологии республиканского гидрометеорологического центра по 48 метеостанциям за период с 1975 по 2005 г.

При исследовании пространственно-временных колебаний количества шквалов на территории Беларуси использовались стандартные статистические методы.

Пространственная изменчивость количества шквалов оценивалась с помощью картирования.

Трансформация количества шквалов оценивалась по результатам анализа графиков хронологического годового хода, разностных интервальных кривых и линейных трендов.

Шквалы наблюдаются преимущественно в теплое время года, в период с апреля по август. На юге территории республики отдельные шквалы отмечаются в марте и сентябре.

Нередко шквалы сопровождаются ливневыми дождями, грозой, в ряде случаев градом, а если почва сухая и нет осадков – пыльной бурей.

В целом по республике за теплый период времени наблюдается около 4 дней с разрушительными шквалами, которые захватывают отдельные хозяйства 5–10 административных районов.

Анализ временной изменчивости среднегодового суммарного числа дней со шквалами по метеостанциям Беларуси показал их значительную изменчивость за последние 30 лет (рис. 1).

Минимальное число дней со шквалами отмечалось во второй половине 70-х, начале 80-х и 90-х годов XX ст. Они совпали с уменьшением облачности, меньшим количеством осадков, а также низкой температурой в это время. Наибольшее увеличение числа шквалов пришлось на вторую половину 80-х XX в. и начало XXI в.

С октября по февраль шквалы – явление очень редкое: 1–2 случая за 15–20 лет. Так, в январе за 30-летний период шквалы регистрировались дважды (1975, 1993 гг.), трижды (1974, 1983, 1995 гг.) – в декабре, а четырежды (1974, 1979, 1993, 1997 гг.) – в феврале (рис. 2). С марта по сентябрь повторяемость шквалов возрастает в среднем до 4–6 случаев в год. В отдельные годы в июне–июле количество шквалов доходит до 10 в год. Можно отметить низкую шквалистую деятельность зимой, весной и осенью в последние 10–12 лет.

Временная изменчивость количества дней со шквалами на территории Беларуси достаточно велика и соизмерима с другими метеорологическими и гидрологическими элементами. Она оценивалась средним коэффициентом вариации $C_v = 2,7$, который колеблется от 0,8 (метеостанция Езерище) до 5,5 (метеостанции Жлобин, Лида, Василевичи) (таблица).

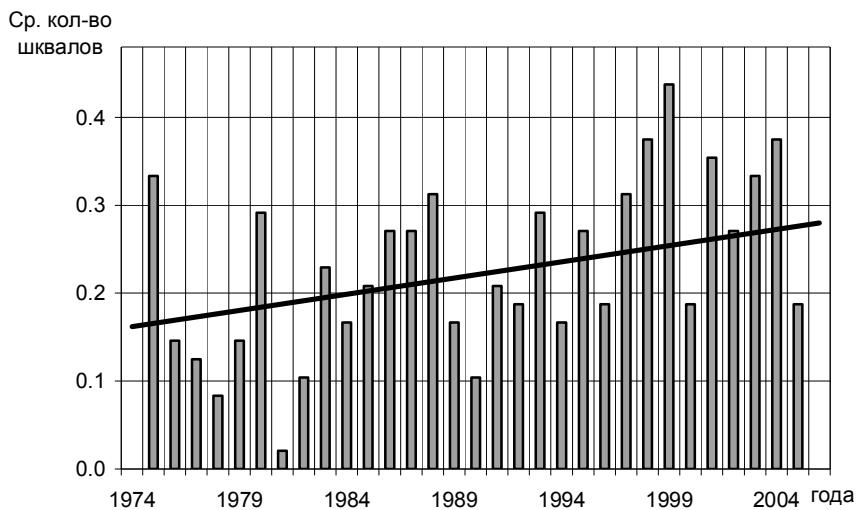


Рис. 1 Среднегодовое количество дней со шквалами по станциям

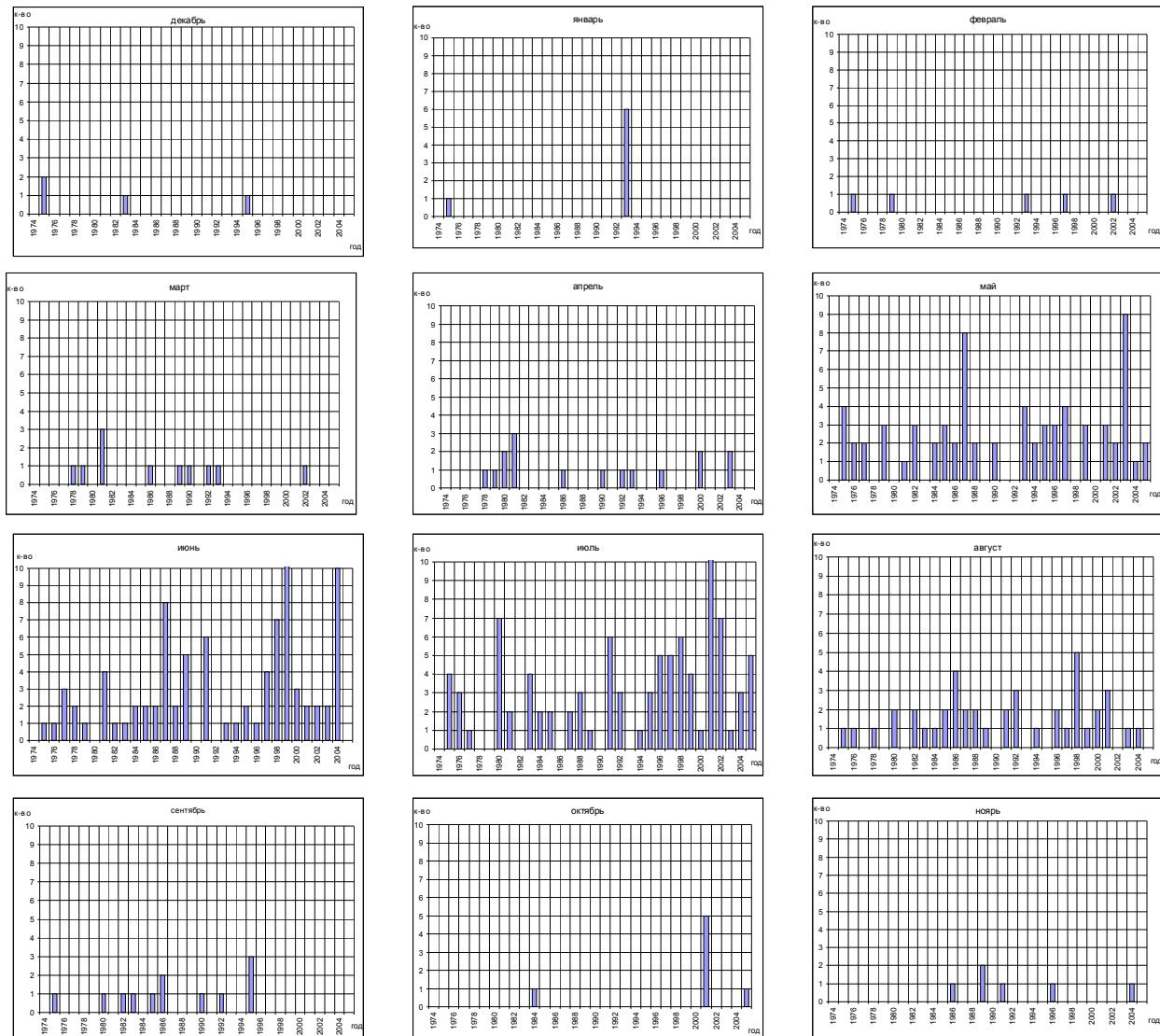


Рис. 2. Распределение дней со шквалами по месяцам на территории Беларуси

Таблица. Основные статистические характеристики числа дней со шквалами на территории Беларуси

Метеостанция	Среднее число дней со шквалами	Cv
Верхнедвинск	0,52	1,5
Езерище	1,42	0,8
Полоцк	—	—
Шарковщина	0,61	2,0
Витебск	0,29	1,8
Лынтупы	0,19	2,8
Докшицы	0,77	1,5
Лепель	0,10	3,1
Сенно	0,06	5,5
Березинский заповедник	0,45	2,9
Орша	0,10	4,0
Нарочь, Озерная	—	—
Вилейка	—	—
Борисов	0,23	2,2
Воложин	0,10	3,1
Минск	0,16	3,6
Колодищи	0,10	3,1
Березино	0,10	3,1
Столбцы	0,19	3,1
Марьина Горка	0,10	3,1
Слуцк	0,39	2,1
Ошмяны	0,23	2,2
Лида	0,03	5,5
Гродно, АМСГ	0,13	4,3
Новогрудок	—	—
Волковыск	0,68	1,5
Горки	0,16	2,3
Могилев. АМСГ	0,10	3,1
Кличев	0,06	3,8
Костюковичи	0,10	3,1
Бобруйск, АМСГ	0,81	1,4
Барановичи	0,42	1,7
Ганцевичи	0,26	2,2
Ивацевичи	0,06	3,8
Пружаны	0,35	2,0
Высокое	0,16	4,5
Полесская, Болотная	0,16	2,8
Брест	0,10	3,1
Пинск	0,10	4,0
Жлобин	0,03	5,5
Чечерск	0,10	4,0
Октябрь	0,58	1,6
Гомель	—	—
Василевичи	0,03	5,5
Житковичи	0,16	2,8
Мозырь, АМСГ	0,10	3,1
Лельчицы	0,06	3,8
Брагин	0,16	3,6
В среднем по территории	0,23	2,70

На территории Беларуси имеется несколько районов интенсивной шквалистой деятельности (рис. 3). Из них выделяется северо-восточный район (Езерище). Другой район шквалов находится в западной и центральной части севера Беларуси (Докшицы, Шарковщина, Верхнедвинск). Активная шквалистая деятельность отмечается в Предполесском регионе по линии Волковыск – Слуцк – Бобруйск. Именно в этом регионе ранее отмечался либо рост скорости ветра, либо незначительное его падение.

Для объективного определения коэффициента асимметрии выполнено пространственно-временное объединение временных рядов числа дней со шквалами в году в один вариационный ряд (рис. 4). В результате установлена левосторонняя асимметрия, которая оценивается коэффициентом асимметрии, равным 3.

В изменении шквалов отмечается положительный линейный тренд почти во всех областях

республики (рис. 5). Исключение составляют шквалы, зарегистрированные на территории Гродненской и Могилевской областей, где отмечаются параболические тренды. Кроме того, в Минской и Брестской областях заметно наличие квазидвадцатилетнего колебания в повторяемости шквалов: максимальное количество шквалов наблюдалось в начале 80-х годов XX ст. и начале XXI ст. В последние годы (2004–2005 гг.) количество шквалов на территории Беларуси несколько уменьшилось.

Выполненные исследования изменения числа дней со шквалами на территории Беларуси показали, что статистическая структура количества шквалов имеет существенную как временную, так и пространственную изменчивость. Среднее количество дней со шквалами в году составляет 0,23, а коэффициент вариации – 2,7, что гораздо выше, чем изменчивость других метеорологических характеристик.

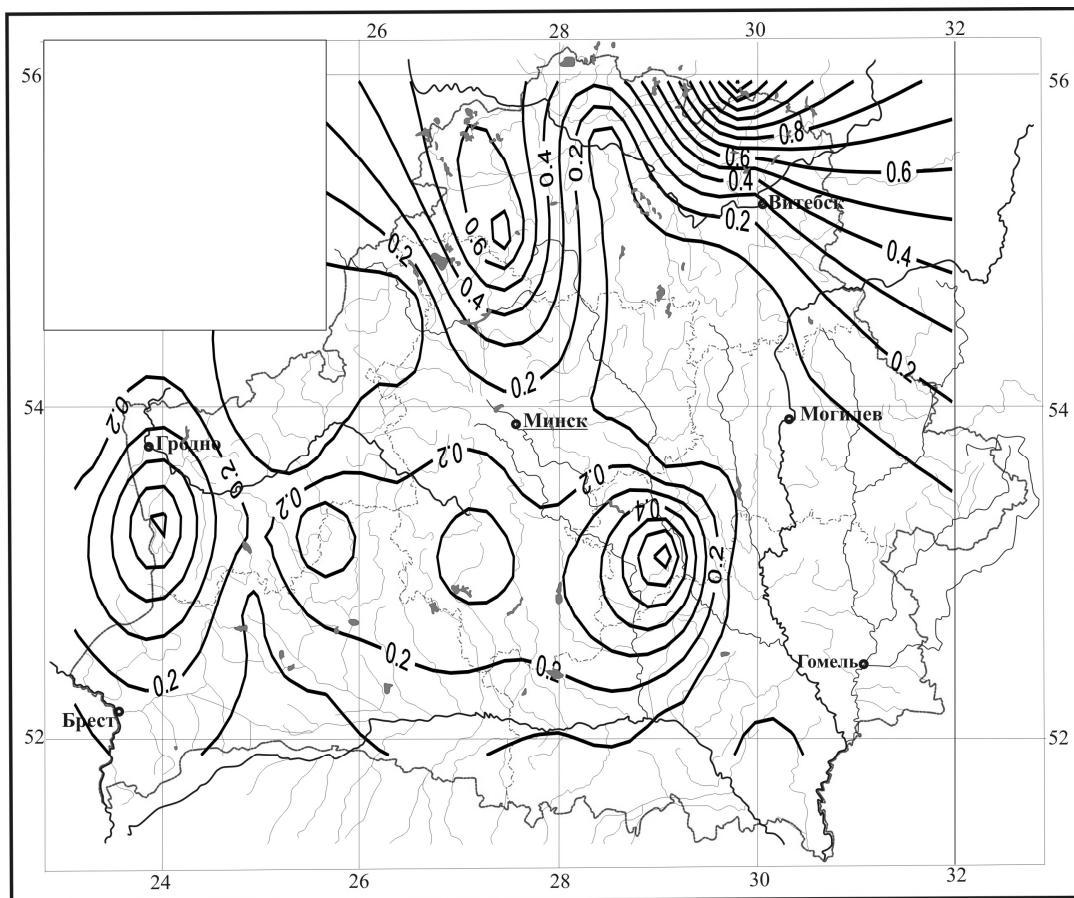


Рис. 3. Средние годовые значения числа дней со шквалами на территории Беларуси

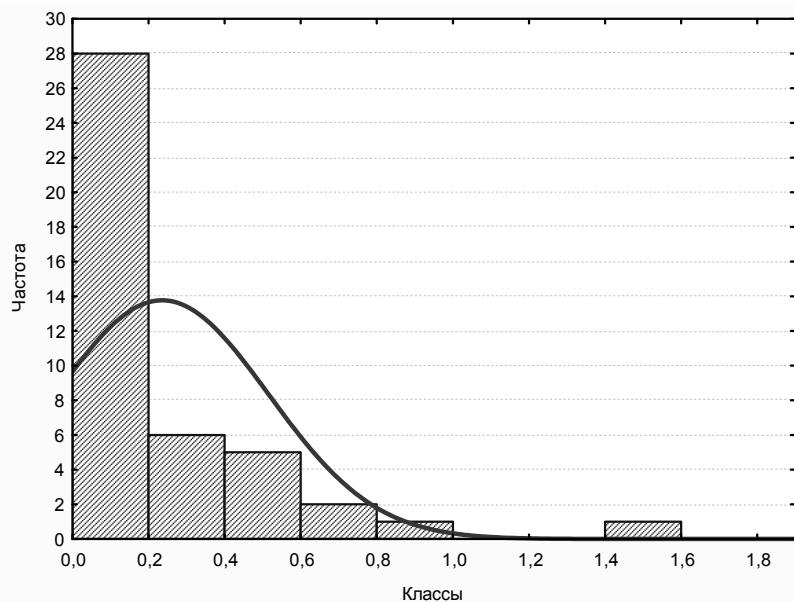


Рис. 4. Гистограмма распределения количества дней со шквалами

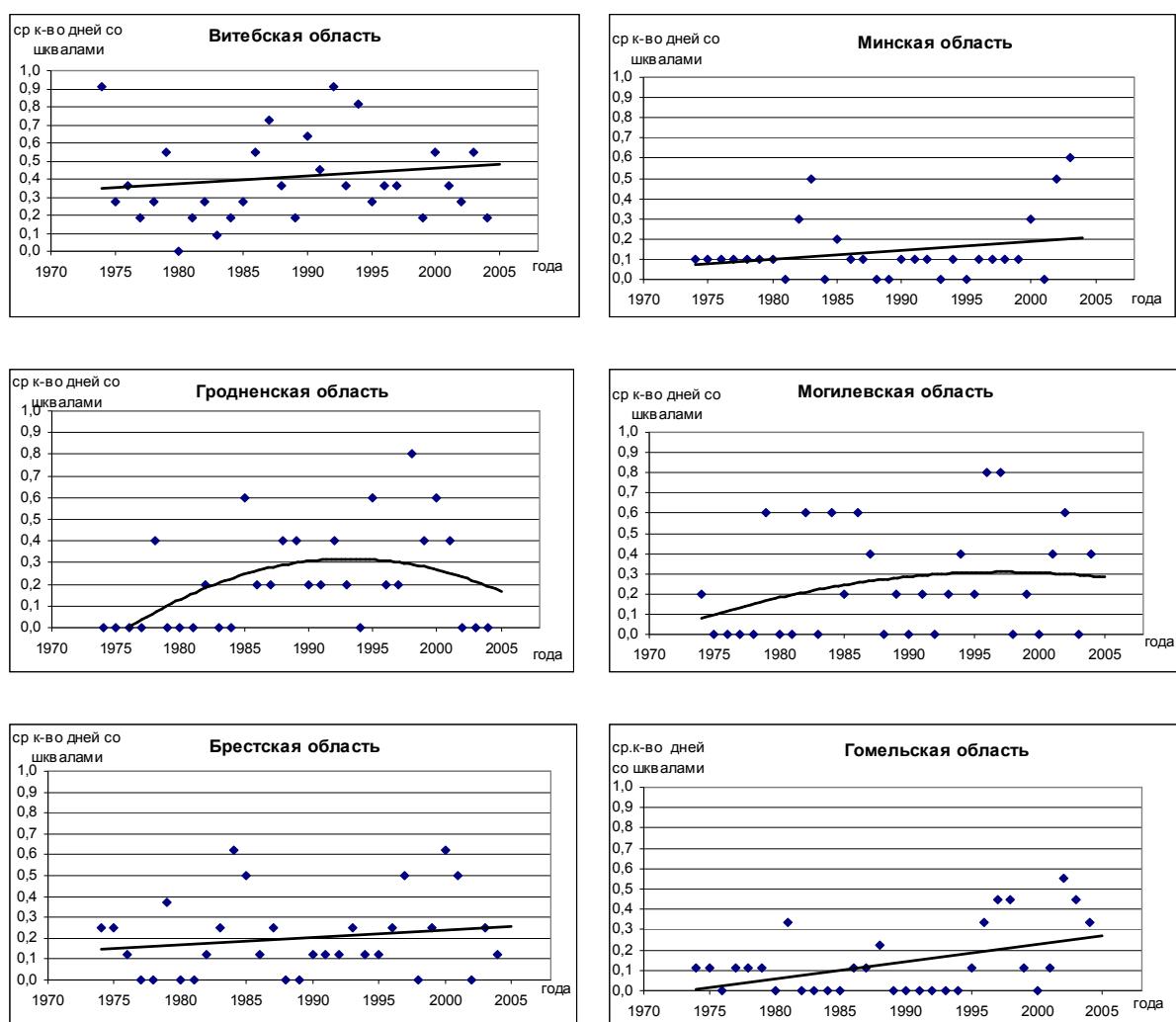


Рис. 5. Годовой ход среднего количества дней со шквалами по областям республики

Л и т е р а т у р а

1. Климат Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. Минск., 1996.
2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 2. Изд. 2-е. Л., 1965.

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧИСЛА ДНЕЙ СО ШКВАЛАМИ В БЕЛАРУСИ**

В работе рассматривается шквал как опасное метеорологическое явление, дана оценка пространственной и временной изменчивости количества дней со шквалами на территории Беларуси.

Материалами для исследования послужили данные Департамента гидрометеорологии Беларуси по 48 метеостанциям в месячном разрезе. В результате были построены карты, характеризующие пространственную и временную изменчивость количества дней со шквалами. Структура пространственной изменчивости исследовалась с помощью пространственных корреляционных функций.

Выполненные исследования изменения числа дней со шквалами на территории Беларуси показали, что статистическая структура количества шквалов имеет существенную как временную, так и пространственную изменчивость. Среднее количество дней со шквалами в году составляет 0,23, а коэффициент вариации – 2,7, что гораздо выше, чем изменчивость других метеорологических характеристик.

V. F. Loginov, A. A. Volchek, I. N. Shpoka **VARIABILITY OF NUMBER OF DAYS WITH SQUALLS**

In work squall as the dangerous meteorological phenomenon is considered, the estimation of spatial and time variability of quantity of days with squalls in territory of Belarus is given.

As materials for research on 48 meteorological stations data of Department of hydrometeorology of Belarus have served in a monthly cut. Cards characterizing spatial and time variability of quantity of days with squalls have been as a result constructed. The structure of spatial variability was investigated by means of spatial correlation functions (SKF).

The executed researches of change of number of days with squalls in territory of Belarus have shown, that the statistical structure of quantities of squalls has essential both time, and spatial variability. The average quantity of days with squalls in a year makes 0,23, and factor of a variation 2,7 that is ready above, than variability of other meteorological characteristics.

С. В. Какарека, О. Е. Белькович, В. Н. Чудук, С. В. Саливончик

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В г. МИНСКЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2006–2007 гг.

Описаны результаты исследования химического состава снежного покрова на территории г. Минска в зимний период 2006–2007 гг. Оценена пространственная структура основных гидрохимических компонентов в снежном покрове города. Проведен сравнительный анализ полученных экспериментальных данных с фоновыми значениями и результатами ранее выполненных наблюдений.

Химический состав снежного покрова – важный компонент эколого-геохимической характеристики территории. Учитывая сложную структуру полей загрязнения воздушной среды в крупных городах, обусловленную наличием в них большого количества источников выбросов, многоэтажной застройки, мониторинг атмосферного воздуха на постоянных постах не может обеспечить получение необходимой для решения многих задач информации. В связи с этим геохимическому изучению снежного покрова посвящен ряд исследований. В частности, по данным о загрязнении снежного покрова исследованы связи структуры аэробиогенных выпадений с источниками выбросов в атмосферу [1]; выполняются оценки загрязненности природных систем химическими элементами по результатам мониторинга снежного покрова [6, 10, 13]; описан подход, позволяющий при совместном рассмотрении состава атмосферных осадков и снежного покрова получить наиболее достоверные данные о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы [9].

В Беларуси Департаментом по гидрометеорологии в рамках системы мониторинга атмосферного воздуха ежегодно в конце зимнего периода проводится снегомерная съемка на 22 пунктах [5]. Ежегодные наблюдения позволяют проследить динамику содержания загрязняющих веществ и выявить районы, испытывающие наибольшую антропогенную нагрузку. Ряд работ посвящен особенностям макро- и микрокомпонентного состава снежного покрова на территории городов Беларуси [2, 4].

Наибольшее внимание изучению загрязнения снежного покрова удалено г. Минску. Традиционный метод исследования – разовое опробование снега в конце зимнего периода в различных точках, размещенных обычно относительно равномерно. Одно из первых обследований снежного покрова на территории Минска выполнено В. С. Хомичем и М. П. Оношко в 1977–1978 гг. [11], в 1987–1988 гг. – В. К. Лукашевым и Л. В. Окунь [3]. В последующие годы обследования снежного покрова на территории Минска проводили Департамент по гидрометеорологии, ИПИПРЭ НАН Беларуси (в 1993, 1996).

В то же время существенным недостатком данных обследований является их разовый характер, не позволяющий учесть изменения в химическом составе снежного покрова в период залегания. В 2004 г. на территории ИПИПРЭ НАН Беларуси заложена экспериментальная площадка наблюдений за снежным покровом в зимний период для исследования динамики его химического состава в период залегания. Для изучения пространственной структуры загрязнения снежного покрова на территории г. Минска в некоторые годы также проводится его опробование по сети точек.

Данная статья посвящена анализу некоторых результатов наблюдений за химическим составом снежного покрова на экспериментальной площадке в зимний период 2006–2007 гг. в сопоставлении с результатами опробования на территории города и результатами ранее проведенных исследований.

На территории экспериментальной площадки проводится отбор недельных проб атмосферных осадков; состав снежного покрова определяется путем отбора в период залегания 3–4 проб снега 2–3 раза в неделю. Дополнительно отбираются послойные пробы. Регистрируется мощность снега, расчетным путем определяется его плотность, снежному покрову дается визуальная характеристика.

Отбор проб атмосферных осадков осуществляется с помощью осадкомера конструкции NILU, опробование снежного покрова – при помощи весового снегомера BC-43.

В конце зимнего периода 2006–2007 гг. выполнено также опробование снежного покрова на территории г. Минска. Для исключения явного влияния техногенных нагрузок, в частности автотранспорта, пробы отбирались на расстоянии не менее 50 м от автодорог в относительно защищенных от ветра местах (парки, скверы, дворы домов). Отобрана 21 проба снега.

В пробах атмосферных осадков и снега определяются следующие компоненты химического состава: массовые концентрации гидрокарбонат-ионов, сульфат-ионов, хлорид-ионов, нитрат-ионов, ионов аммония, кальция, магния, натрия и

калия, значение рН, удельная электропроводность, содержание тяжелых металлов (выборочно). Определение химического состава проб атмосферных осадков и снежного покрова проводится согласно Руководству по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89 [7]. Для оценки результата анализа измеренная электропроводность исследуемых проб сопоставляется с расчетной электропроводностью. Контроль качества выполненных измерений основывается также на вычислении ионного баланса [14].

Зимний период 2006–2007 гг. отличался коротким периодом залегания снежного покрова (менее двух месяцев), небольшой мощностью снега. Устойчивый снежный покров появился 23 января. Прослежена динамика влагозапаса снежного покрова на территории опытной площадки (рис. 1). Максимальный для 2007 г. влагозапас снежного покрова был зафиксирован во второй декаде февраля.

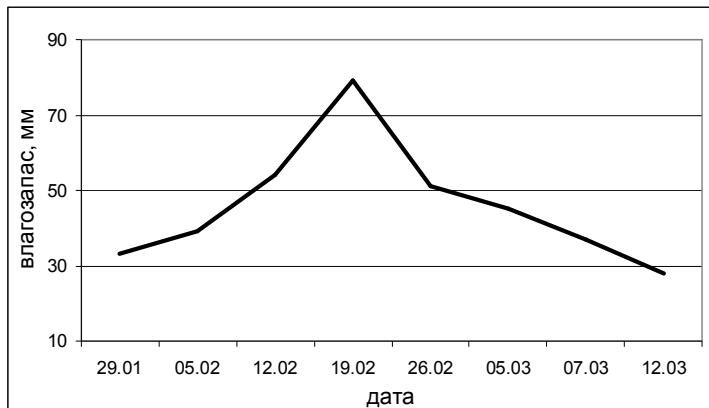


Рис. 1. Динамика влагозапаса снежного покрова в зимний период 2006–2007 гг.

В табл. 1 приведен ионный состав снеговых вод на территории г. Минска в 2007 г. На экспериментальной площадке средняя минерализация снежного покрова составила 7,09 мг/дм³ при ми-

нимальном значении 5,74 мг/дм³ и максимальном – 9,67 мг/дм³. В ионном составе снежного покрова доминируют хлорид-ионы, сульфат-ионы и нитрат-ионы.

Таблица 1. Содержание основных ионов в снеговых водах на территории г. Минска и на экспериментальной площадке в 2007 г., мг/дм³

Место опробования	Параметр	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺
Территория г. Минска	Среднее, мг/дм ³	3,93	4,69	1,46	0,56	2,71	0,32
	Коэф-т вариации, %	31	60	39	52	64	78
Экспериментальная площадка	Среднее, мг/дм ³	1,18	1,99	1,34	0,28	0,86	0,16
	Коэф-т вариации, %	19	19	18	14	38	38

Минерализация снеговой воды в среднем по г. Минску составила 20,41 мг/дм³. Наибольшие значения минерализации были получены для проб, отобранных в восточной и юго-восточной частях города: мкр. Шабаны (80,15 мг/дм³), пересечение ул. Радиальная и ул. Ваупшасова (32,62 мг/дм³), мкр. Уручье-3 (28,54 мг/дм³). Высокое значение минерализации было также зафиксировано в районе железнодорожного вокзала (30,47 мг/дм³). Наименьшее содержание загрязняющих компонентов снежного покрова характерно для района водохранилища Дрозды и парка Победы, где минерализация составила 7,93 и 9,81 мг/дм³ соответственно.

По результатам опробования 2007 г. средняя величина рН в целом по городу составила

6,31, что выше равновесной величины (5,60). Показатель рН снежного покрова в пределах города варьировал от 6,20 до 6,66. Более низкие показатели рН в Минске зафиксированы на территориях, удаленных от промышленных объектов и транспортных потоков (опытная площадка ИПИПРЭ – рН = 5,70; парк Курасовщина – рН = 5,77; парк Победы – рН = 5,93).

Среднее содержание сульфатов в снежном покрове г. Минска составило 3,93 мг/дм³, на территории опытной площадки – 1,18 мг/дм³. Средняя концентрация нитратов в снеговой воде составила 1,46 мг/дм³. Наибольшие значения концентраций нитратов зафиксированы в мкр. Шабаны и ул. Пономаренко – 2,65 мг/дм³ (рис. 2, 3).

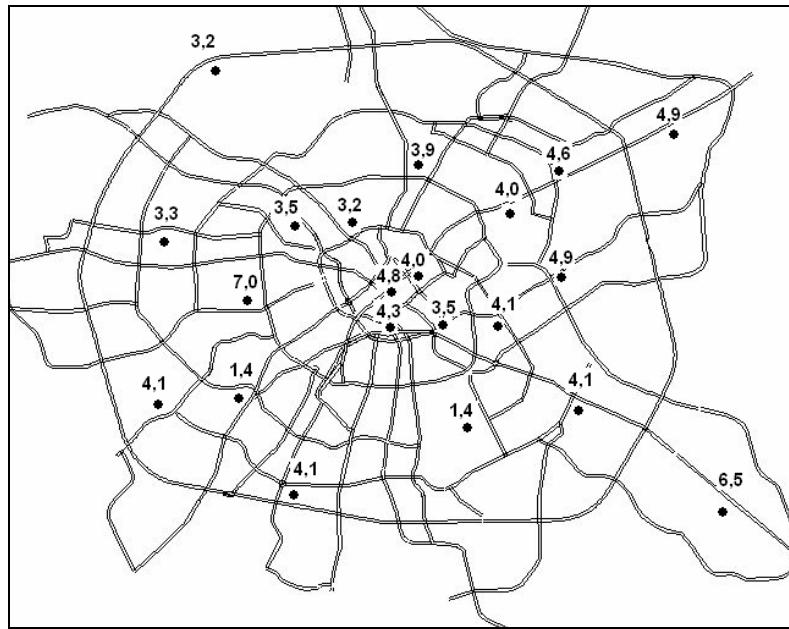


Рис. 2. Пространственное распределение сульфатов в снежном покрове на территории г. Минска в марте 2007 г., мг/дм³

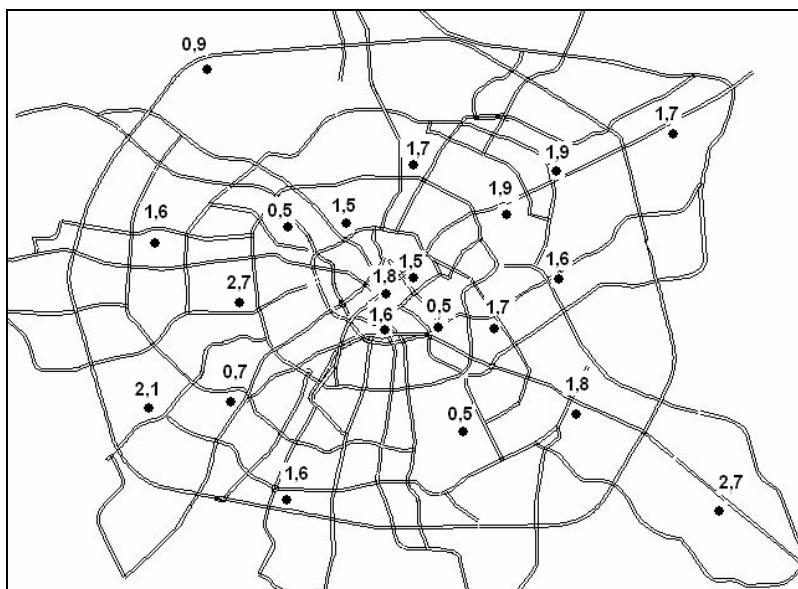


Рис. 3. Пространственное распределение нитратов в снежном покрове на территории г. Минска в марте 2007 г., мг/дм³

Пространственное распределение сульфатов и нитратов на территории города характеризуется незначительными коэффициентами вариации – 31 % и 39 % соответственно, что свидетельствует о преобладании трансграничной и региональной фоновой составляющих над влиянием местных источников.

Содержание аммонийного азота для большинства точек опробования находилось в пределах от 0,3 до 0,7 мг/дм³. Повышенная концентрация аммонийного азота приурочена к железнодорожному вокзалу – 1,31 мг/дм³. Коэффициент вариации средний (52 %).

Разброс значений концентраций ионов кальция и магния невысок, коэффициенты вариации средние – 53 % и 45 %. Наибольшей пространственной дифференциацией характеризуются ионы натрия и калия, коэффициенты вариации выше средних – 64 % и 78 %.

Характеристики снежного покрова, полученные в ходе опробования в 2007 г. на территории г. Минска, были соотнесены с аналогичными оценками для экспериментальной площадки. Составлялись средние содержания ионов хлора, натрия, калия, аммония, нитрат-ионов, сульфат-ионов, кислотность и электропроводность и дис-

персии этих показателей. Тестирование средних выполнялось по t -критерию Стьюдента и z -критерию, дисперсий – по F -критерию Фишера (при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$) [14]. Тестирование средних значений разными методами дало одинаковый результат и показало, что выборки почти не отличаются по средним концентрациям нитратного азота. Различия концентраций калия статистически значимы, но невелики.

По содержанию других веществ отмечаются статистически значимые и существенные различия. Причем на территории города содержание всех химических веществ в снежном покрове выше, чем на экспериментальной площадке. Это же относится к электропроводности снеговой воды.

Тестирование по F -критерию Фишера показало, что исследуемые выборки мало отличаются по степени рассеяния значений концентраций

сульфатов, нитратного азота, калия, а также кислотности. Дисперсии других характеристик снежного покрова на экспериментальной площадке и в пределах городской черты отличаются существенно.

Представляет интерес сопоставление данных о загрязнении снежного покрова в г. Минске в 2007 г. с результатами опробования 1996 г. (табл. 2) [11]. Сравнение с опробованиями 1970-х–1980-х гг. затруднено из-за различий в методиках определения некоторых гидрохимических компонентов в водах.

Следует отметить, что зимние периоды рассматриваемых лет существенно различались по климатическим характеристикам. В течение зимы 1996 г. оттепели были редкими, залегание снежного покрова было продолжительным, высота его достигала 25–50 см [8].

Таблица 2. Содержание основных ионов в снеговых водах на территории г. Минска в 1996 г., мг/дм³

Параметр	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺
Среднее, мг/дм ³	2,92	2,37	1,82	0,63	0,87	0,15
Коэффициент вариации, %	32	276	17	22	374	100

Проведен сравнительный анализ средних концентраций исследуемых компонентов в 1996 и 2007 гг. Тестирование средних по t -критерию Стьюдента показало, что различия средних концентраций всех определяемых компонентов статистически значимы по сравнению с 1996 г. Почти все характеристики в 1996 г. варьируют в большей степени, что может быть отчасти связано с большим числом точек опробования. Исключение составил показатель кислотности снежного покрова, для pH не зафиксировано значимых различий в степени рассеяния значений, а также для средних показателей. Кислотность снеговых вод в 2007 г. (pH = 6,31) была очень близка к значению для 1996 г. (pH = 6,33). Содержание ионов натрия увеличилась в 3 раза, ионов калия и хлора – в 2 раза, сульфатов – в 1,3 раза. Увеличение концентраций хлоридов, ионов натрия и калия в 2007 г. по сравнению с 1996 г. может быть связано с поступлением этих элементов в большем количестве с противогололедными смесями.

Рассчитанные статистические параметры химических характеристик снежного покрова, полученные в ходе наблюдений в зимне-весенний период 2006–2007 гг. приведены в табл. 3.

Почти по всем характеристикам отмечается большая вариабельность значений. Особенно сильно варьирует в снежном покрове содержание взвешенных веществ и ионов калия. Стандартные отклонения принимаемых ими значений от среднего практически равны средним. Соответственно коэффициенты вариации весьма высоки. Наиболее приемлемыми характеристиками снежного покрова являются среднее значение содержания

сульфатной серы и кислотность. Менее приемлемой, но удовлетворительной можно считать оценку среднего содержания окисленного азота.

Было исследовано расположение каждого полученного измерения относительно доверительного интервала. Выявлено, что в пределы доверительного интервала попадает 50 % наблюдавшихся значений содержания окисленной серы и кислотности, 45 % окисленного азота, 35 % восстановленного азота и натрия, 30 % хлоридов и значений электропроводности, 25 % измеренных значений концентрации ионов калия и общего содержания взвешенных веществ.

Аналогичные результаты имели место при статистическом анализе данных, полученных при исследовании снежного покрова г. Минска в 1996 г. Были проанализированы такие же характеристики снежного покрова, как и в 2007 г., за исключением содержания взвешенных веществ и электропроводности. По данным опробования 1996 г., самая низкая вариабельность значений отмечена для кислотности, концентраций сульфатов и нитратов. По сравнению с 2007 г. меньше варьирует в снежном покрове города содержание аммония, и его оценку можно признать почти приемлемой.

В целом по данным анализа снежного покрова на протяжении двух весенне-зимних периодов можно говорить об удовлетворительности средних значений для характеристики содержания в снежном покрове г. Минска сульфатов (окисленной серы), нитратов (окисленного азота) и кислотности. Остальные характеристики имеют слишком большой разброс значений.

Таблица 3. Статистические параметры характеристик химического состава снежного покрова г. Минска (по данным 2007 г.)

Параметр	Электро-провод-ность, мкСм/см	Взвешен-ные вещества	SO_4^{2-} (S)	Cl^-	NO_3^- (N)	NH_4^+ (N)	Na^+	K^+	pH		
										Мг/дм ³	
Минимум	10,52	3,02	0,47	1,28	0,10	0,16	0,43	0,02	5,77		
Максимум	54,00	88,41	2,33	10,89	0,60	1,02	6,60	0,82	6,66		
Среднее	27,16	30,03	1,31	4,69	0,33	0,44	2,71	0,32	6,31		
Стандартная ошибка	3,03	6,34	0,09	0,62	0,03	0,05	0,39	0,06	0,05		
Стандартное отклонение	13,54	28,34	0,40	2,79	0,13	0,23	1,74	0,25	0,23		
Точность оценки (при уровне надежности 95,0 %)	6,09	12,74	0,18	1,26	0,06	0,10	0,78	0,11	0,11		
Нижняя граница доверительного интервала	20,83	16,76	1,12	3,38	0,27	0,34	1,89	0,20	6,20		
Верхняя граница доверительного интервала	33,50	43,29	1,49	5,99	0,39	0,55	3,52	0,44	6,42		

Таким образом, проведенное исследование показало, что концентрации большинства компонентов химического состава в снежном покрове на экспериментальной площадке ниже, чем на территории г. Минска в целом, что позволяет рассматривать площадку в качестве местного фона.

Пространственное распределение сульфатов и нитратов в снежном покрове на территории города характеризуется относительно невысокими коэффициентами вариации, что свидетельствует о преобладании трансграничного и регионального вклада в поле загрязнений снежного покрова этими компонентами. В то же время поля распределения натрия и калия наименее однородны: высокие коэффициенты вариации ука-

зывают на значительное влияние локальных источников на содержание данных компонентов в снежном покрове.

В ходе сравнительного анализа химического состава снежного покрова г. Минска в 2007 г. с результатами опробования 1996 г. установлено, что значительно увеличилось содержание хлорид-иона и иона натрия, что может быть связано с более интенсивным поступлением этих элементов вследствие внесения противогололедных солевых смесей; возросло также содержание сульфатов.

Результаты изучения динамики содержания химических компонентов в снежном покрове в период его залегания и таяния будут изложены в следующей статье.

Л и т е р а т у р а

1. Атмосферные выпадения в северо-восточных районах Эстонии и на западе Ленинградской области (по данным о загрязнении снежного покрова) / Э. Я. Яхнин и др. // Экологическая химия. 2002. № 11. С. 145–156.
2. Бордон С. В. Тяжелые металлы в снежном покрове урбанизированных территорий Беларуси: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. Мн., 1997.
3. Лукашев В. К., Окунь Л. В. Загрязнение тяжелыми металлами окружающей среды г. Минска. Мн., 1996.
4. Лукашев О. В. Эколого-геохимическое изучение снегового покрова урбанизированных территорий (на примере городов Бобруйск и Полоцк) // Вест. БГУ. Сер. 2: Химия Биология География. 2007. № 2. С. 111–117.
5. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений 2004 г. Мн., 2005.
6. Нечаева Е. Г. Снежный покров как объект регионального мониторинга среды обитания // География и природные ресурсы. 1996. № 2. С. 43–48.
7. Руководство по контролю загрязнения атмосферы Республики Беларусь 52.04.186-89. М., 1991.
8. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень. 1996 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. Мн., 1997.
9. Сравнительный анализ данных о составе атмосферных осадков и снежного покрова на территории Ленинградской области и юго-восточной Финляндии и уточнение параметров атмосферного выпадения тяжелых металлов / Э. Я. Яхнин и др. // Экологическая химия. 2003. № 12. С. 1–12.
10. Химический состав снежного покрова в заповедниках Прибайкалья / О. Г. Нецеваева и др. // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 66–72.
11. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогоехимия городских ландшафтов Беларуси. Мн., 2004.
12. Чертко Н. К. Математические методы в физической географии: учеб. пособие для географических специальностей вузов. М., 1987.

13. Эколого-геохимическая оценка загрязненности природных систем химическими элементами по результатам мониторинга снежного покрова / А. Р. Валетдинов и др. // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Мозырь, 2007. С. 18–20.

14. EMEP manual for sampling and chemical analysis. Norwegian Institute for Air Research, 1996.

**С. В. Какарека, О. Е. Белькович,
В. Н. Чудук, С. В. Саливончик**

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В г. МИНСКЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2006–2007 гг.

Приведены результаты изучения химического состава снежного покрова и атмосферных осадков на экспериментальной площадке ИПИПРЭ НАН Беларуси и на территории г. Минска в зимний период 2006–2007 гг. В течение периода наблюдений на площадке осуществлялся отбор проб снега по всей толщине снежного покрова и послойно 2–3 раза в неделю. В конце зимнего периода проведено опробование снежного покрова на территории г. Минска.

Проведен сравнительный анализ концентраций химических элементов в снежном покрове опытной площадки и территории г. Минска. Содержание исследуемых ионов на территории города значительно выше показателей для экспериментальной площадки, что позволяет рассматривать ее в качестве местного фона. Тестирование по F-критерию Фишера показало, что исследуемые выборки мало отличаются по степени рассеяния значений концентраций сульфатов, нитратного азота, калия, а также кислотности. Дисперсии других характеристик снежного покрова на экспериментальной площадке и в пределах городской черты отличаются существенно.

Пространственное распределение сульфатов и нитратов в снежном покрове на территории города характеризуется относительно невысокими коэффициентами вариации – 31 % и 39 % соответственно, что свидетельствует о преобладании трансграничного и регионального вклада в поле загрязнений снежного покрова этими компонентами. В то же время поля распределения натрия и калия наименее однородны: высокие коэффициенты вариации указывают на значительное влияние локальных источников на содержание данных компонентов в снежном покрове.

При сравнении химического состава снежного покрова г. Минска зимы 2006–2007 гг. с результатами опробования снега в 1996 г. установлено, что наиболее значительно увеличилось содержание хлорид-иона и иона натрия, что может быть связано с более интенсивным поступлением этих элементов с противогололедными солевыми смесями.

**S. V. Kakareka, O. E. Belkovich,
V. N. Chuduk, S. V. Salivonchik**

FEATURES OF CHEMICAL SNOW COVER COMPOSITION IN 2006–2007 WINTER MINSK

A chemical composition of snow cover and atmospheric precipitation on Minsk territory was studied. The researches were done on test site of IPNRUE NASB. Within the observation period a selection of diurnal and weekly precipitation probes to study composition of snow waters had been done, the probes were taken along the thickness of snow cover and layer-by-layer 2–3 times a week at the site territory. In the end of 2006–2007 winter period probing of snow cover on Minsk territory was done.

A comparative analysis of concentrations of chemical elements in the snow cover of test site and on Minsk city territory was carried out. The contents of the investigated ions on the city territory greatly exceed the site indices, that allows regarding a test site as a local background.

Most great differences have chlorides, sulfates, ammonia ions, sodium, calcium.

In the course of comparative analysis of Minsk snow cover chemical composition in 2007 to test results of 1996 it was revealed that the greatest contents are found for chloride-ions and Na ion, that may be referred to a technogenic income of these elements. pH snow cover did not change.

A spatial distribution of sulfates and nitrates on the city territory is characterized by small variation coefficients – 31 % and 39 % correspondingly, that proves a trans-boundary role in a pollution field. Na and Ca distribution fields are less homogeneous, high variation coefficients (64 % and 78 %) indicate a great impact of local sources on these components contents.

A comparison of snow cover and atmospheric precipitation has been done. About 10 % of snow cover probes have concentrations of sulfates, chlorides, sodium ions, calcium and potassium approximately equal to the contents of these elements in atmospheric precipitation, the concentrations in other probes taken on Minsk territory exceed elements contents in atmospheric precipitation. The fact stated indicates a great role of dry atmospheric fallouts formed at local level.

В. С. Микуцкий, И. В. Максимович

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ В БЕЛАРУСИ

Изучаются региональные особенности пространственно-временной динамики возникновения засушливых явлений на территории Беларуси за теплый период (с апреля по октябрь) 1970–2006 гг. С использованием метода главных компонент проведено разбиение территории Беларуси на регионы когерентного, согласованного возникновения засушливых условий. Выявлена квазицикличность чередования возникновения засушливых условий в выделенных регионах, оценены прогностические возможности метода.

В Беларуси на конец XX – начало XXI ст. приходится самый продолжительный период потепления за весь период инструментальных наблюдений (1881–2008 гг.). Начиная с 1988 г. наблюдается положительная аномалия температуры, превышающая норму на 0,3–2 °C (среднегодовое превышение нормы составило более 1 °C). Климатические изменения, вероятно, должны приводить к изменению экстремальности климата. Так, об увеличении частоты регистрации засух говорится в докладе ВМО 2002 г. [6]. Засухи наиболее опасны для сельскохозяйственного производства.

Цель данной работы – изучение региональных особенностей пространственно-временной динамики возникновения засушливых явлений на территории Беларуси. Период исследования охватывает 1970–2005 гг. и включает как период нынешнего потепления, так и предшествующий ему промежуток времени, при этом были использованы месячные данные по осадкам для 49 метеостанций. В качестве тестовых использованы данные 2006 г.

При анализе засух выбран теплый период (с апреля по октябрь) как наиболее важный для сельскохозяйственного производства. Существует достаточно большое количество различных критериев засушливости [9]. В нашем исследовании мы остановились на одном из простых определений [4]: засушливым считался месяц с количеством осадков, не превышающим 50 % нормы. В качестве месячных норм при этом рассматривались средние за рекомендуемый ВМО период 1961–1990 гг. месячные суммы осадков по Беларуси в целом (данный период практически непосредственно предшествует началу наиболее заметного нынешнего потепления). В результате получено погодичное количество засух за теплый период по каждой из 49 выделенных станций.

Большое количество полученных данных затрудняет их пространственный анализ, поэтому

му предварительно применялись методы факторного (компонентного) анализа данных, позволяющие сжать информацию и выделить небольшое число факторов, в обобщенном виде описывающих наблюдаемые переменные. Число переменных при этом составило 49 (по количеству метеостанций), длина каждой переменной – 36 элементов (1970–2005 гг.).

При определении количества главных компонент (ГК) использовался критерий каменистой осыпи (рис. 1), по которому число оставляемых компонент равно числу наиболее быстро изменяющихся, проранжированных по убыванию собственных значений корреляционной матрицы. Согласно этому критерию число главных компонент может быть выбрано равным двум или трем. Ввиду этого проанализированы оба случая, соответствующая матрица факторных нагрузок (весов главных компонент) была получена с использованием процедуры последующего вращения компонент методом нормализованного варимакса [3, 7, 8]. При этом максимальному собственному значению корреляционной матрицы соответствует 37,9 % общей дисперсии, кумулятивная дисперсия для двух собственных чисел – 47,6 %, для трех – 54,7 % (для четырех – 60,1 %). Следует отметить, что веса главных компонент можно интерпретировать как меру связи исходных переменных с выделенными факторами (главными компонентами).

Средствами ГИС Arc View точечные данные значений весов главных компонент для каждой станции были интерполированы на всю территорию Беларуси. При выделении двух главных компонент анализ матрицы весов ГК позволяет описать выделенные факторы с пространственной точки зрения как северные (1 ГК) и южные (2 ГК) станции. Такое разделение получается при отнесении станций к одному из факторов согласно превалирующему весовому значению.

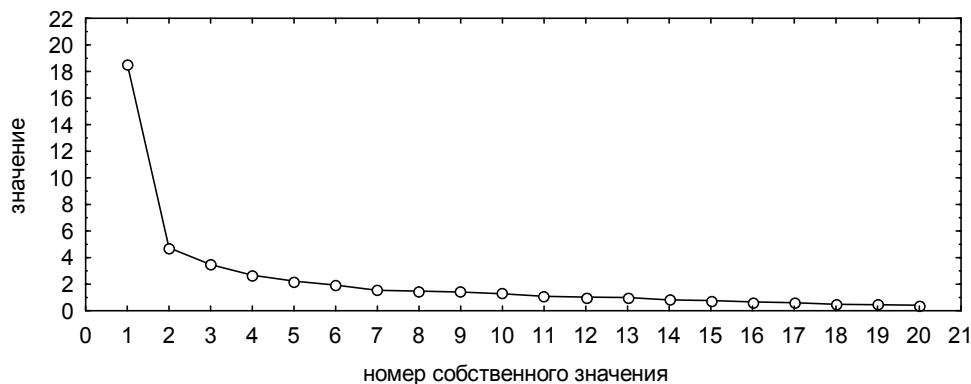


Рис. 1. Критерий каменистой осыпи для корреляционной матрицы частот засух

В случае трех факторов аналогичное разнесение станций разделяет их на северные (1 ГК), юго-западные (2 ГК) и юго-восточные (3 ГК). Соответственно в первом случае полученные факторы будем называть «Север» и «Юг», во втором – «Север», «Юго-запад» и «Юго-восток». На рис. 2 и 3 представлено разделение территории Беларуси согласно обозначенным главным компонентам.

Таким образом, при выделении трех главных компонент южный регион Беларуси дополнительно разделяется на юго-западную и юго-восточную части. Отметим, что добавление четвертой главной компоненты приводит к некоторому сдвигу на север первого региона и разделению оставшейся территории на центрально-южную, восточно-южную и крайнюю западно-южную области, то есть в меньшей степени затрагивает северный регион.

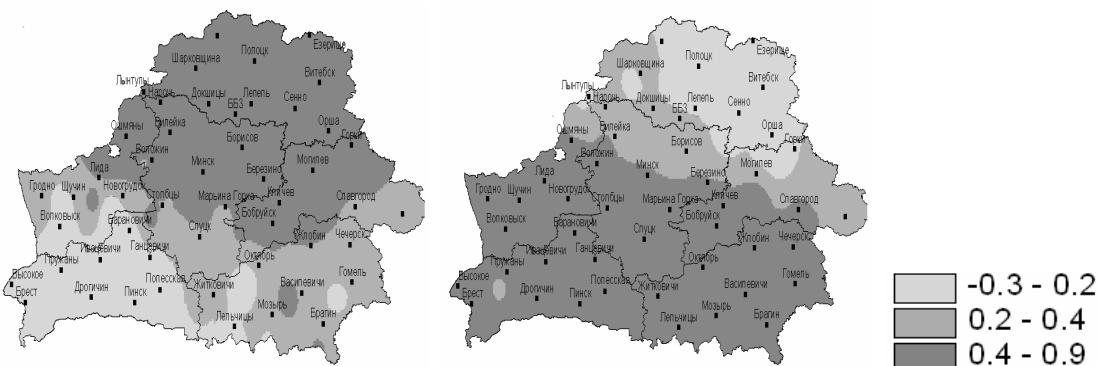


Рис. 2. Пространственное разделение территории Беларуси по точечным данным факторных нагрузок для 2 ГК («Север» и «Юг»)

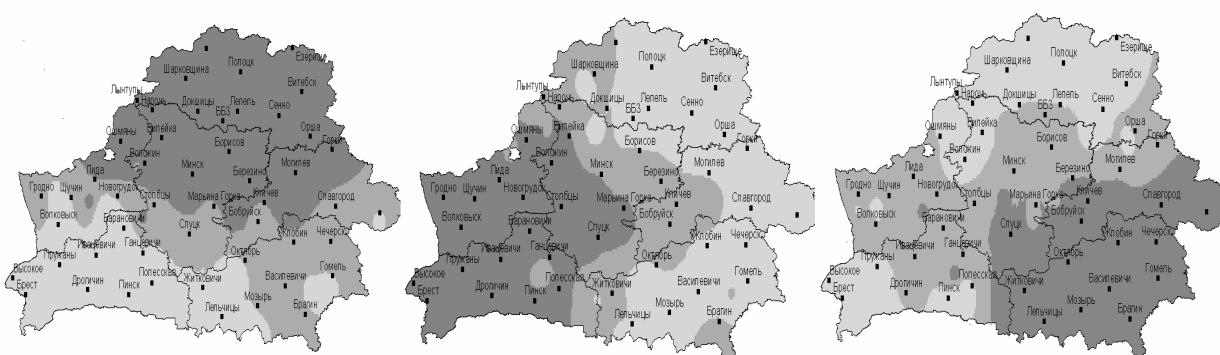


Рис. 3. Пространственное разделение территории Беларуси по точечным данным факторных нагрузок для 3 ГК («Север», «Юго-запад» и «Юго-восток»). Градации соответствуют легенде рис. 2

Подчеркнем, что такого рода подход [5, 7, 10] разделяет изучаемую территорию на регионы когерентных, согласованных изменений анализируемого фактора, в данном случае речь идет о количестве засушливых явлений за теплый период года. В силу этого возникает вопрос о характере различия выделенных территорий по указанному признаку.

Для дальнейшего анализа по каждой станции за период с 1970 по 2005 г. были рассчитаны погодичные относительные частоты засух. Далее осреднением по станциям каждого региона получены региональные относительные частоты засух за период с 1970 по 2005 г. [5, 10] и 3-летние скользящие средние полученных рядов. Сглаженные значения были использованы для выделения периодов повторяемости засух для про-

странственных факторов (с учетом изменения границ временного интервала при сглаживании). Последующая обработка полученных данных проводилась уже по несглаженным значениям.

Рис. 4 показывает, что если убрать квазивекличность, то появляется заметная систематичность в разностях относительных частот засух «Север»–«Юг». Так, эпохи большей повторяемости засух на севере Беларуси характерны для первой половины 70-х и конца 90-х гг. – начала XXI ст. Эпоха большей повторяемости засух на юге республики приходится на 1977–1996 гг., исключение составляют 1989–1990 гг., которые были самыми тёплыми (особенно в зимнее время) за весь период инструментальных наблюдений.

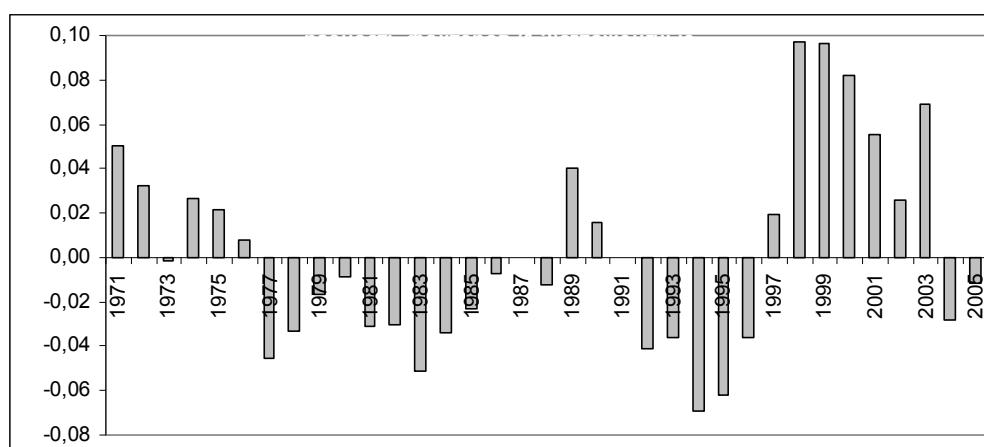


Рис. 4. 3-летние сглаженные значения разности относительных частот засух «Север» – «Юг», период 1971–2005 гг.

Для второго случая (при выделении трех пространственных факторов) разность относительных частот засух и их сглаженных значений рассчитывалась только для второго и третьего фактора («Юго-запад» и «Юго-восток» соответственно). В силу уменьшения пространственного масштаба уменьшается и размах колебаний

разности (рис. 5). Из рисунка следует, что в последнюю четверть ХХ в. чаще наблюдались засухи на юго-западе. Это особенно заметно в последние годы (1996–2005 гг.). В начале исследуемого периода (1971–1979 гг.) засушливые явления отмечались чаще на юго-востоке Беларуси.

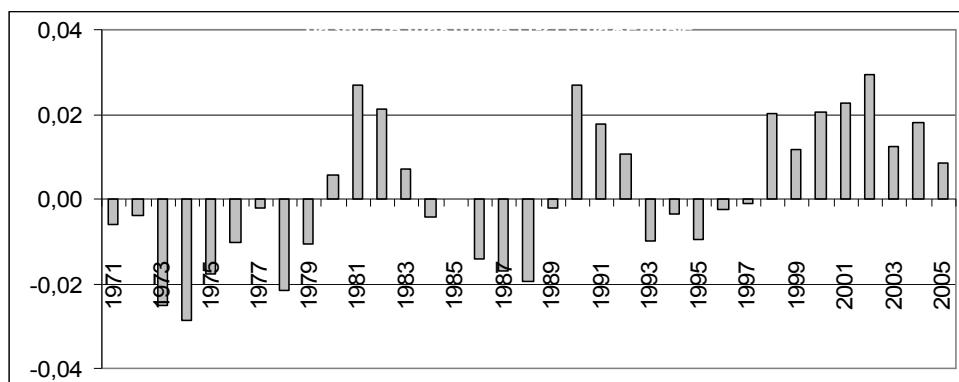


Рис. 5. 3-летние сглаженные значения разности относительных частот засух «Юго-запад» и «Юго-восток», период 1971–2005 гг.

Для определения уровня статистической значимости указанных расхождений были использованы различные критерии сравнения средних. Статистическая обработка относительной частоты засух по двум выборкам («Север» и «Юг», «Юго-запад» и «Юго-восток») проводилась с использованием t -критерия, а также, ввиду малых объемов выборок, непараметрических критерия знаков и более мощного критерия Вилкоксона для зависимых выборок. Дополнительно были рассмотрены t -критерий и наиболее чувствительная непараметрическая его альтернатива – критерий Манна–Уитни. В последнем случае вместо указанных выборок рассматривались их соответствующие разности («Север»–«Юг» и «Юго-запад»–«Юго-восток») с дополняющей их до пары выборкой нулевых значений.

При статистической обработке выборок по двум факторам («Север» и «Юг») для зависимых выборок статистически значимо выделяется период 1976–1987 гг. по всем критериям, причем наименьший уровень значимости по t -тесту составил $p = 0,009$, а также период 1991–1995 гг. по критерию Вилкоксона при $p = 0,043$ (табл. 1). При использовании критерия Манна–Уитни статистически значимо выделились те же два периода, причем с более низкими p -уровнями ($p = 0,006$ и $p = 0,009$, табл. 2).

Таблица 1. Значения p -уровней значимости критерииров сравнения двух зависимых выборок относительных частот засух по двум факторам («Север» и «Юг»)

Годы	p -уровни значимости		
	t -тест	тест Вилкоксона	тест знаков
1970–1975	0,13	0,11	0,68
1976–1987	0,009	0,012	0,043
1988–1990	0,43	0,29	1,00
1991–1995	0,06	0,043	0,07
1996–2004	0,12	0,017	0,18

Таблица 2. Значения p -уровней значимости критерииров сравнения двух независимых выборок разницы относительных частот засух и нулевых значений по двум факторам («Север» и «Юг»)

Годы	p -уровни значимости	
	t -тест	тест Манна–Уитни
1970–1975	0,10	0,34
1976–1987	0,004	0,006
1988–1990	0,38	0,51
1991–1995	0,04	0,009
1996–2004	0,10	0,13

Таким образом, данные табл. 1 и 2 подтверждают факт принадлежности соответствующих выборок различным генеральным совокупностям и свидетельствуют о наличии статистически значимого различия относительных частот засушливых явлений между севером и югом Беларуси для временных периодов 1976–1987 и 1991–1995 гг., когда повторяемость засух на территории республики уменьшалась с юга на север.

Аналогичное тестирование на различие средних значений выборок, соответствующих южным факторам («Юго-запад» и «Юго-восток»), показало, что для зависимых выборок различаются (по t -критерию) периоды 1980–1982 гг. и 1997–2005 гг. на уровнях $p = 0,04$ и $p = 0,02$ соответственно. При вычислении разности двух факторов и ее сравнении с нулевыми значениями статистически значимыми являются четыре периода: 1970–1979 гг. на уровне $p = 0,02$, 1980–1982 гг. и 1983–1988 гг. на уровне $p = 0,05$, а также 1997–2005 гг. на уровне $p = 0,02$ по критерию Манна–Уитни для независимых выборок.

Итак, использование пяти вариантов сравнения средних двух выборок показало, что имеет место статистически значимое различие относительных частот засух между юго-западом и юго-востоком Беларуси для временных периодов 1970–1979 гг., 1983–1988 гг., когда повторяемость засух по югу республики увеличивалась с юго-запада на юго-восток, а также 1997–2005 гг. и 1980–1982 гг., когда она уменьшалась в этом направлении.

Отмеченная выше квазицикличность подтверждается результатами проведенного частотного анализа разности относительных частот засух для пространственных главных компонент. При этом использовались как методы стандартного спектрального анализа, так и методы спектрально-временного анализа [1, 2], представляющего собой спектральный анализ данных, проводимый в скользящем временном окне.

В обоих случаях («Север» и «Юг», а также «Юго-запад» и «Юго-восток») спектрально-временной анализ не выявил устойчивых циклов в разностях относительных частот. Однако, можно говорить о наличии достаточно четких циклов в отдельные периоды. Так, при анализе разности относительных частот засух между севером и югом Беларуси выделяется четкий 11-летний цикл, начинающийся с 1990 г., а также 2,7-летний цикл, начинающийся с 1995 г. Спектральный анализ всего ряда указывает на наличие пиков спектральной плотности для 2,3- и 5-летних колебаний.

Для разности относительных частот засух между юго-западом и юго-востоком Беларуси характерно наличие тех же 2,7- и 11-летнего циклов, имеющих, однако, другое распределение во времени. Максимум 11-летнего цикла приходится на 1986 г., еще один локальный максимум наблюдается в начале 1990-х гг. с постепенным затуханием этого цикла. Максимум 11-летнего цикла совпадает с началом формирования 2,7-летнего квазицикла, который быстро достигает своего максимума (1988–1993 гг.) с локальным минимумом в 1998 г. Спектральный анализ всего ряда, кроме того, указывает на наличие пиков спектральной плотности для 3-, 5- и 9-летних колебаний. 2,7- и 11-летние квазицикличности естественно связать, соответственно, с известными квазидвухлетним циклом в циркуляции стрatosферы низких широт и циклом солнечной активности.

Отметим, что данные 2006 г. не противоречат выявленным закономерностям. Этот год выдался достаточно дождливым, было отмечено лишь 8 случаев месяцев с засушливыми условиями.

Значение сглаженной разности относительных частот засух «Север» и «Юг» в 2005 г. составило – 0,02 и, таким образом, сохранило наметившуюся тенденцию к превышению числа южных засух над северными (рис. 4). Несглаженное значение разности 2006 г. составило 0,009.

Сглаженное значение разности относительных частот засух «Юго-запад» и «Юго-восток» в 2005 г. составило 0,0085 и, таким образом, соответствует тенденции к уменьшению этой разности (рис. 5). Несглаженное значение разности составило 0,013, что также согласуется со значениями предыдущих лет. Таким образом, выявленные закономерности характера изменений числа засушливых явлений в выделенных регионах обладают определенными прогностическими возможностями.

Л и т е р а т у р а

- 1 Атлас временных вариаций природных процессов. Порядок и хаос в литосфере и других сферах. М., 1994. Т. 1.
- 2 Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. М., 2002. Т. 3.
- 3 **Боровиков В. П., Боровиков И. П.** STATISTICA® – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®. М., 1997.
- 4 Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов, Г. И. Сачок, В. С. Микуцкий, В. И. Мельник, В. В. Коляда: Под общ. ред. В. Ф. Логинова; Мн., 2003.
- 5 **Логинов В. Ф., Кузнецов Г. П., Микуцкий В. С.** Вероятностный подход к описанию экстремальных событий // Природопользование. 2004. № 10. С. 20–27.
- 6 Метеорологи: погода может стать еще хуже [Электрон. ресурс]: 3 июля 2003. Режим доступа: http://news.bbc.co.uk/hi/russian/news/newsid_3040000/3040650.stm. 2003.
- 7 **Сазонов Б. И.** Суровые зимы и засухи. Л., 1991.
- 8 **Харман Г.** Современный факторный анализ. М., 1972.
- 9 Aridity indexes / The Encyclopedia of Climatology. Ed. J. E. Oliver, R. W. Fairbridge (Encyclopedia of Earth sciences series, v. XI). NY: Van Nostrand Reinhold. 1987. P. 102–107.
- 10 **Wigley T. M. L., Lough J. M., Jones P. D.** Spatial patterns of precipitation in England and Wales and a revised, homogeneous England and Wales precipitation series // J. of Climatology. 1984. Vol. 4. P. 1–25.

В. С. Микуцкий, И. В. Максимович

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ В БЕЛАРУСИ

С использованием месячных данных по осадкам для 49 метеостанций изучаются региональные особенности пространственно-временной динамики возникновения засушливых явлений на территории Беларуси за тёплый период (с апреля по октябрь) 1970–2006 гг.

На основе методов факторного (компонентного) анализа проведено разбиение территории Беларуси на регионы когерентного, согласованного возникновения засушливых условий. Определены эпохи преимущественной повторяемости засух в выделенных регионах и показано, что для большинства из этих эпох характерно наличие статистически значимых различий между регионами по относительной частоте возникновения засушливых условий. При отсутствии устойчивых циклов в разностях относительных частот для регионов методами спектрально-временного анализа в отдельные периоды обнаружены квазициклы, естественно связывающиеся с известными квазидвухлетним циклом в циркуляции стратосферы низких широт и циклом солнечной активности. Проведена оценка прогностических возможностей метода.

V. S. Mikutskiy, I. V. Maximovich

SPATIAL PECULIARITIES OF DROUGHTY CONDITIONS FROMATION IN BEALRUS

With the use of monthly precipitation data for 49 meteor-stations a regional peculiarities of spatial-time dynamics of appearance of droughty phenomena in Belarus territory for a warm period (April- October) 1970–2006 are studied.

On the basis of methods of factor (component) analysis the division of Belarus territory into regions of coherent, agreed appearance of droughty conditions has been carried out. Epochs of paramount frequency of droughts in marked areas have been determined and it was shown that the majority of these epochs is specific with availability of statistically valuable differences between the regions on relative frequency of appearance of drought conditions. When no stable cycles in differences of relative frequencies for the regions are found, thorough methods of spectral-time analysis in single periods quazy-cycles are revealed, being linked naturally with a known quazy-bi-annual cycle in the circulation of stratosphere of lower longitudes and solar activity cycle. The assessment of prognostic method abilities has been performed.

Г. А. Камышенко

КЛАСТЕРНЫЕ ТЕРРИОРИАЛЬНЫЕ НОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР БЕЛАРУСИ

Представлены результаты исследования территориальной изменчивости (неоднородности) урожайности основных сельскохозяйственных культур Беларусь: для периода 2001–2006 гг. по пяти культурам (о зимая пшеница, рожь, овес, ячмень, картофель) раздельно и в комплексе, по данным 2003–2006 гг. – отдельно по зерновым и зернобобовым культурам и озимому тритикале. Особенностью исследования является переход от показателей в натурных единицах (т/га, ц/га) к их нормализованным аналогам. Посредством программного комплекса сформированы территориальные односвязные кластеры из административных районов, позволившие выявить региональную неоднородность территории страны по урожайности сельскохозяйственных культур.

Современный агропромышленный комплекс Республики Беларусь представляет собой многоотраслевое хозяйство, являющееся сферой экономики, наиболее тесно связанной с климатом. Для него характерны неравномерное распределение угодий по территории, обусловленное в основном качеством земельных ресурсов, и сезонный характер природопользования (производственного процесса). Различен и уровень урожайности сельскохозяйственных культур как по территории, так и во времени.

Цель исследования – выявление территориальной изменчивости (неоднородности) урожайности основных сельскохозяйственных культур Беларусь. Исследование выполнено по статистическим данным 2001–2006 гг. по пяти культурам (о зимным – пшенице и ржи, яровым – овсу и ячменю, пропашным – картофелю) раздельно и в комплексе, а также по данным 2003–2006 гг. – по зерновым и зернобобовым культурам и озимому тритикале. Работа является продолжением и дополнением исследований биопродуктивности и биогенного круговорота в агроценозах страны [1–4], проведенных под руководством д-ра геогр. наук Г. И. Сачка. Ему же принадлежит идея осуществления регионального обобщения статистических материалов по изменчивости урожайности во временному и территориальному аспектах по нормализованным данным.

Переход от показателей в натурных единицах (т/га, ц/га и др.) к их нормализации выполняется путем преобразования данных x_i , посредством процедуры: $\bar{x} = (x_i - \bar{x}) / S_x$, где \bar{x} – среднее значение выборки исходных данных, S_x – ее стандартное отклонение. Параметры нормированной выборки в случае нормального закона распределения следующие: $\bar{x} \approx 0$, $S_x \approx 1$. Выполненная работа отличается именно применением процедуры нормирования к рядам урожайности по совокупности структурных единиц – ад-

министративных районов, что позволяет сопоставлять урожайность разных культур и их комплекса на единой нормализованной основе с одинаковой детальностью.

Общее представление о параметрах уровня урожайности исследуемых сельскохозяйственных культур в регионе дают данные таблицы.

По всем культурам самой высокой урожайностью характеризуется 2004 г. Относительно низкого уровня продуктивности культур ситуация неоднозначна – пониженным фоном урожайности отличаются 2001–2003 гг.

Нормализация данных производится для каждого ряда наблюдений по каждому административному району по выборке из исследуемого временного интервала, затем по полученным нормированным рядам данных по культурам для совокупности рассматриваемых лет рассчитывается ряд среднеарифметических значений нормализованной урожайности.

Полученные ряды нормированных средних значений в точках (районах) по отношению к среднему значению по стране на исследуемом временном интервале трансформируются средствами программы автоматического районирования в кластеры (группы районов, регионы), компактные по мере сходства, что позволяет классифицировать каждую точку (район) по близости (сходству) к «ядру региона». Посредством программного комплекса формируются территориальные односвязные кластеры из административных районов. Задача объединения решается в два крупных этапа: 1) разделение множества объектов (административных районов) на заданное число классов (этап классификации объектов, соответствующий решению задачи типологического районирования); 2) трансформация схемы типологического районирования в схему индивидуального районирования. На первом этапе решается задача таксономии, которая заключается в нахождении наиболее взаимоудаленных наблюдений (объектов) и классификации

относительно них всех остальных, то есть применяется принцип «самого дальнего соседа». В алгоритме используется обобщенная евклидова метрика, представляющая собой геометрическое расстояние в многомерном пространстве. Наход-

ятся два наиболее различающихся (в смысле евклидова расстояния) объекта, называемых «базовыми», а все остальные по степени близости делятся на два класса.

Таблица. Статистические показатели рядов урожайности культур Беларуси на уровне административных районов

Показатель	Год						Среднее значение
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
<i>Озимая пшеница</i>							
<i>а</i>	19,4	25,8	19,4	29,3	29,0	25,1	24,7
<i>б</i>	7,2	8,1	8,9	9,8	10,7	8,4	8,9
<i>Рожь</i>							
<i>а</i>	16,6	22,7	21,2	24,8	21,5	22,3	21,5
<i>б</i>	4,5	5,2	5,8	10,1	6,0	5,3	6,2
<i>Картофель</i>							
<i>а</i>	91,7	84,9	128,1	173,6	129,3	148,1	126,0
<i>б</i>	33,2	34,5	38,8	54,2	54,7	53,8	44,9
<i>Овес</i>							
<i>а</i>	18,9	22,8	25,3	30,3	27,0	23,6	24,7
<i>б</i>	5,7	5,9	5,7	7,2	7,1	5,3	6,2
<i>Ячмень</i>							
<i>а</i>	21,6	23,6	23,3	30,8	28,0	25,5	25,5
<i>б</i>	6,8	7,3	6,9	8,6	8,6	6,3	7,4
<i>Зерновые и зернобобовые культуры</i>							
<i>а</i>			22,5	28,1	26,1	23,6	25,1
<i>б</i>			6,5	8,0	8,4	6,4	7,3
<i>Озимое тритикале</i>							
<i>а</i>			21,3	28,9	26,3	23,1	24,9
<i>б</i>			8,6	8,4	9,1	7,5	8,4

Примечание: *а* – среднее значение, ц/га; *б* – стандартное отклонение, ц/га.

На следующем шаге алгоритма определяется наиболее «вытянутый» из классов, процедура классификации объектов по сходству повторяется. Аналогичные действия продолжаются до тех пор, пока не будет получено разбиение на заданное число классов. Решение вопроса о числе таксонов эквивалентно методу экспертных оценок и является типологическим районированием. На заключительном этапе алгоритма программы осуществляется переход к схеме индивидуального районирования, т. е. по сходству в признаковом пространстве с учетом географического соседства объекты перераспределяются из малочисленных ареалов в смежные более крупные выделы по максимуму сходства в признаковом пространстве [5].

В ходе выполнения исследований построены картограммы урожайности озимой пшеницы, ржи, картофеля, овса, ячменя и их комплекса по данным за 2001–2006 гг. (рис. 1), т. е. по исследуемым культурам получено шесть обобщенных картограмм, осредненных по соответствующему временному интервалу (6 лет). Средние нормализованные территориальные данные на исследуемом временном интервале, привязанные к административным районам страны, трансформируются в картограммы для последующего исследования их на однородность.

Таким образом, для каждой культуры посредством метода автоматической классификации выделены территориальные кластеры, объединяющие наиболее близкие в признаковом пространстве (по урожайности культуры) группы административных районов. Кластеры, как однородные территориальные односвязные образования, нами рассматриваются как целостные регионы. При этом средние значения кластеров показаны градациями нормализованной шкалы картограммы. При таком картографическом представлении нормированных данных мы получаем кластерные картограммы вариации данных.

На каждой «поточечно» нормализованной картограмме приводятся территориальные односвязные объекты первого порядка (по числу делений шкалы) – от 7 до 9 для культуры (в дальнейшем кластеры/регионы будем различать по порядковому номеру деления шкалы).

Из вышесказанного следует, что методом автоматического районирования на основе административных районов сформированы три ступени иерархии: 0 уровень – исходные объекты (административные районы) → кластеры I уровня (регионы) → кластеры II уровня (зоны). Региональная иерархическая структура территории страны, выделенная по урожайности сельскохозяйственных культур, является реальным фактом.

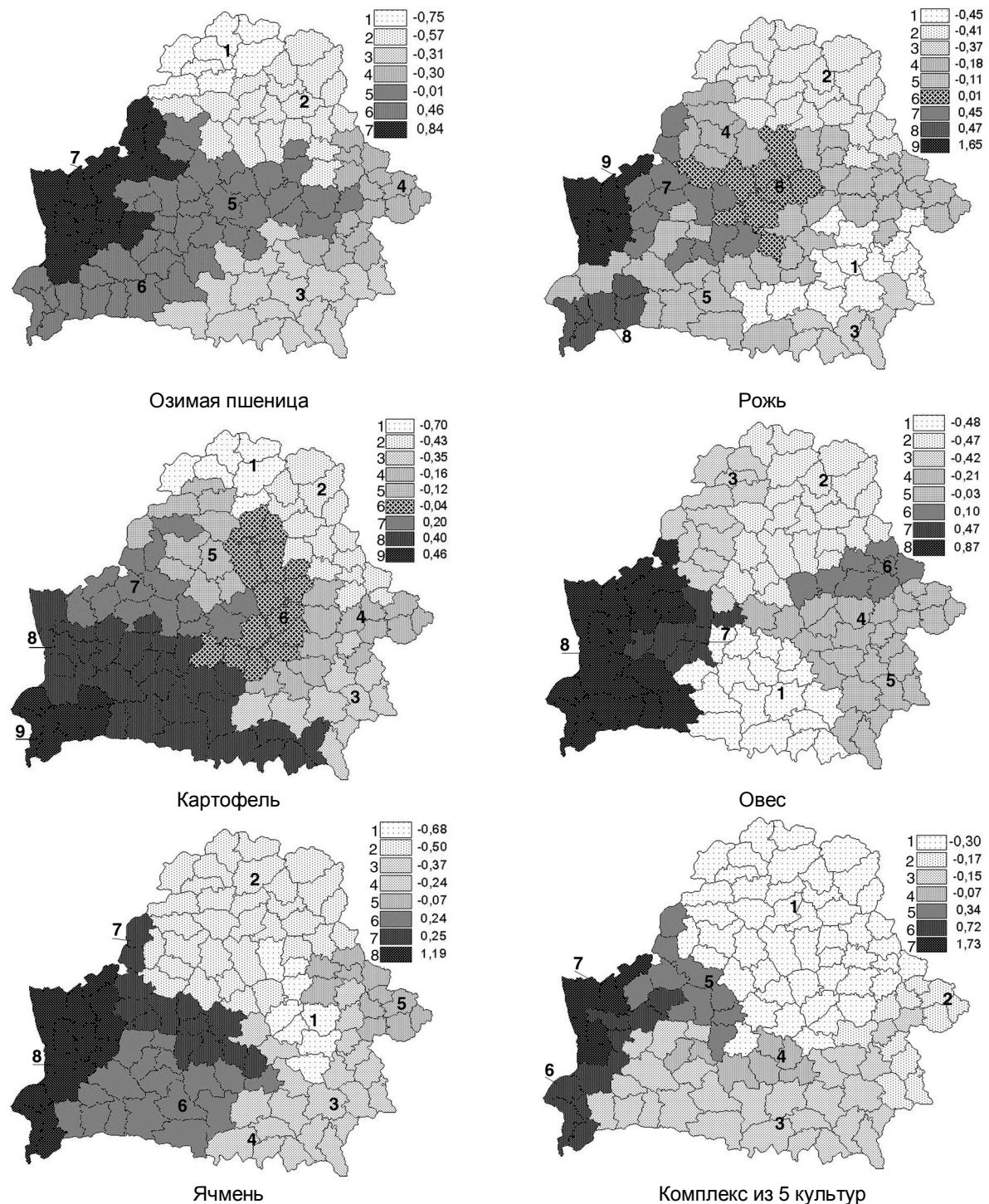


Рис. 1. Картограммы (модели) нормализованных параметров урожайности, осредненной по временному интервалу 2001–2006 гг. (0,00 – средний уровень)

Полученные кластерные картограммы, отражающие региональные структуры (модели) изменчивости урожайности основных возделываемых в Беларуси культур, могут использоваться как оперативные схемы районирования территории страны (кластерные индивидуальные структурные модели территориальной дифференциации продуктивности).

Районирование, как правило, двухступенчатая процедура, отражает динамику структуры объектов нижнего (нулевого) уровня, которые выделяются автоматически (программно). Объекты второго уровня формируются посредством объединения объектов нижнего уровня соответственно сходству интегрального значения индекса в легенде.

Как видно из легенд картограмм, территориальное распределение площадей соответственно выделенным градациям существенно различается у разных культур. В частности, у посевов озимой пшеницы из семи градаций нормированной шкалы урожайности пятая градация – почти нулевая (-0,01), шестая и седьмая градации – положительные. Полученные посредством программных средств средние значения картосхемы урожайности озимой пшеницы (за 2001–2006 гг.) лежат в интервале от -0,75 до +0,84. Выделенные семь кластеров являются однородными, односвязными территориальными единицами. Максимально высокие показатели урожайности приходятся на кластер 7 (максимум) и кластер 6 (умеренно высокая продуктивность), охватывают крайний юго-западный ареал. Кластер 5 занимает центральную часть территории страны, является регионом со средним уровнем урожайности озимой пшеницы. Кластеры 3 и 4 характеризуются существенно худшими условиями культивирования озимой пшеницы, занимают юго-восточную часть страны. Северный регион, включающий кластеры 1 и 2, отличается довольно сложными условиями выращивания исследуемой культуры. Учитывая вышеизложенное, обобщенную иерархическую схему районирования территории страны по отношению к возделыванию озимой пшеницы можно представить в виде следующей схемы: а) зона, объединяющая регионы 1–2, – малопригодная для возделывания исследуемой культуры, б) зона, объединяющая регионы 3–4, – умеренно пригодная, в) зона, совпадающая с регионом 5, – пригодная, г) зона, объединяющая регионы 6–7, – предпочтительная (оптимальная). Следует отметить, что в северо-западной части страны соприкасаются объекты, соответствующие крайним категориям шкалы картограммы, т. е. соединяют максимум и минимум.

Картограмма нормализованного показателя урожайности озимой ржи – традиционной для страны культуры существенно сложнее предыдущей картограммы (по озимой пшенице), здесь продуктивность сильно колеблется по регионам. Возможно, это связано с большим распространением в стране посевов ржи, вследствие чего ее картограмма урожайности структурирована детальнее. Судя по представленной картограмме, эта культура хорошо адаптирована к условиям Беларуси. Здесь выделено 9 кластеров, которые формируют три широтные зоны. Регион 7 может быть принят центральным, остальные можно рассматривать как концентрические сегменты, окаймляющие его. Согласно легенде картограммы можно выделить следующие зоны: 1) регионы оптимальной адаптации (кластеры 7, 8, 9); 2) регионы со сложными, неблагоприятными условиями (кластеры 1, 2, 3); 3) регионы с достаточной адаптацией (кластеры 4, 5, 6), характери-

зующиеся средней, типичной для страны урожайностью.

На картосхемах урожайности озимых культур четко прослеживается влияние ландшафтной основы: почвенных и геоморфологических условий (почв, грунтов, рельефа, экспозиции и крутизны склонов), а также уровня технологии, сочетания региональных и локальных условий. Тем не менее картограммы нормированной урожайности статистически связаны генеральными процессами, формирующими урожай факторов геологической основы ландшафта (рельеф, литология), вкладом в обеспечение урожайности уровня сельскохозяйственных технологий.

Осредненная картограмма урожайности картофеля также может быть интерпретирована по разным схемам. В территориальном распределении показателя нормированной урожайности этой культуры выделяют три зоны, соответствующие гипотезе субширотной структуры. Выделено 9 классов, что свидетельствует о высокой степени разнообразия территориальной дифференциации по уровню урожайности рассматриваемой культуры. Структурная схема размещения кластеров четко диагональная с возрастающим показателем в направлении СВ – ЮЗ. Наиболее реально выражены зональности с возрастающим территориальным трендом: северо-восточная зона (кластеры 1 и 2) с низким фоном продуктивности; срединная субширотная зона (кластеры 3–6) со средним уровнем урожайности; южная зона, простирающаяся клином с ЮВ на СЗ, занимающая территорию с высоким уровнем урожайности картофеля. Такое решение задачи кластеризации не является единственным, в частности кластеры 1 и 2, а также 3 и 4 могут быть объединены в единую зону, сюда же можно включить и кластеры 5–7, что позволит реализовать схему двухзонального районирования. Однако наиболее оптимально использовать трехзональную схему кластеризации: 1) зона «СВ – ЮВ», включающая кластеры 1, 2; 2) срединная субширотная зона с кластерами 3–7, внутренне структурированная; 3) юго-западная зона, включающая кластеры 8 и 9. Включение кластера 7 в эту зону нарушает принцип «субширотной зональности». Таким образом, интерпретированная структура территориальной дифференциации страны по уровню урожайности картофеля является реальной структурной моделью, в первую очередь, климатического фактора, а также в высокой степени почвенных и геоморфологических условий.

Картограмма показателя нормализованной урожайности посевов овса может рассматриваться также по схеме предыдущих культур. Здесь четко выделяется связка кластеров 7 и 8 в юго-западной части территории страны с достаточно высоким уровнем урожайности (в условных единицах легенды картограммы: 0,47...0,87), что в принципе согласуется с другими картограмма-

ми. В восточной части страны выделяется кластер 6, который имеет аналог на картограммах других рассмотренных выше культур. Значение параметра урожайности имеет положительный знак при низком уровне показателя. Это свидетельствует о наличии элементов широтной зональности. Аналог связи кластеров 4 и 5 проявился и на других картограммах (ржи, озимой пшеницы), знак среднего значения «минус» при небольшом десятичном значении параметра продуктивности этих кластеров соответствует генеральной схеме. Отметим также, что среднее значение урожайности кластера 5 фактически равно нулю, а кластера 6 – несколько выше нуля. Значение параметра урожайности для кластера 1 равно -0,48, что фактически соответствует его значению у кластеров 2 и 3. При определенном сходстве с другими картосхемами рассматриваемая картограмма является уникальной по структуре и визуально состоит из четырех секторов – южного (регион 1) и северного (регионы 2 и 3), восточного (регионы 4–6) и западного (регионы 7 и 8). Здесь обнажены роли важнейших факторов: в северном регионе – это климатический фактор при относительно удовлетворительных почвенно-геоморфологических условиях; в южном регионе лимитирующий показатель – низкое плодородие почв; восточный регион характеризуется довольно благоприятными и почвенными, и климатическими условиями; западный кластер отличается благоприятными для возделывания культур климатическими условиями и в достаточной степени обеспечен плодородными почвами. Овес в данном случае выступает в качестве хорошего индикатора почвенных и климатических условий как ресурсов земледелия. Выделенные в легенде картограммы градации позволяют оценить выявленные комплексные природные факторы как территориально распределенные.

Ячмень – яровая культура. Соответствующая ей картограмма в значительной степени согласуется с таковой по овсу. Здесь наблюдают-

ся (сохраняется) практически полное сходство в северной части страны с рассмотренными ранее картограммами. Однако юго-западная часть территории растянута к востоку, так что исчезает кластер 1, выявленный на картограмме овса. Тем самым картограмма упрощается до двухзонной схемы: 1) юго-западной части территории с положительными значениями нормализованного параметра урожайности, которая заходит дальше на восток, охватывает три кластера – 6, 7 и 8; 2) северо-восточные и восточные территории с отрицательными значениями параметра продуктивности исследуемой культуры. Выделенная северо-восточная зона делится по уровню урожайности на две подзоны – северную (кластеры 1 и 2) и южную (кластеры 3–5).

По данным об урожайности комплекса пяти рассмотренных выше культур за 2001–2006 гг. построена комплексная картограмма. На ней выделено 7 кластеров, образующих, исходя из легенды картограммы, два обширных территориальных образования соответственно знаку условных нормализованных единиц. Более детальный анализ позволил выделить кластер 1 как северную (или северо-восточную) зону, характеризующуюся максимально отрицательным значением математического ожидания (среднего); отрицательное значение генерального фактора равно -0,30. В юго-восточной части страны выделяются кластеры 2–4, также с отрицательными значениями параметра уровня урожайности ($\approx -0,15$), которые могут рассматриваться как отдельная зона. Кластеры 5–7 имеют высокие положительные значения продуктивности комплекса культур (до 1,73) и образуют зону, резко отличающуюся от предыдущих, что обусловлено климатическим, почвенным и сельскохозяйственным потенциалом.

Картограммы зерновых и зернобобовых культур, а также озимого триплекса получены за период 2003–2006 гг. Они достаточно хорошо согласуются между собой (рис. 2).

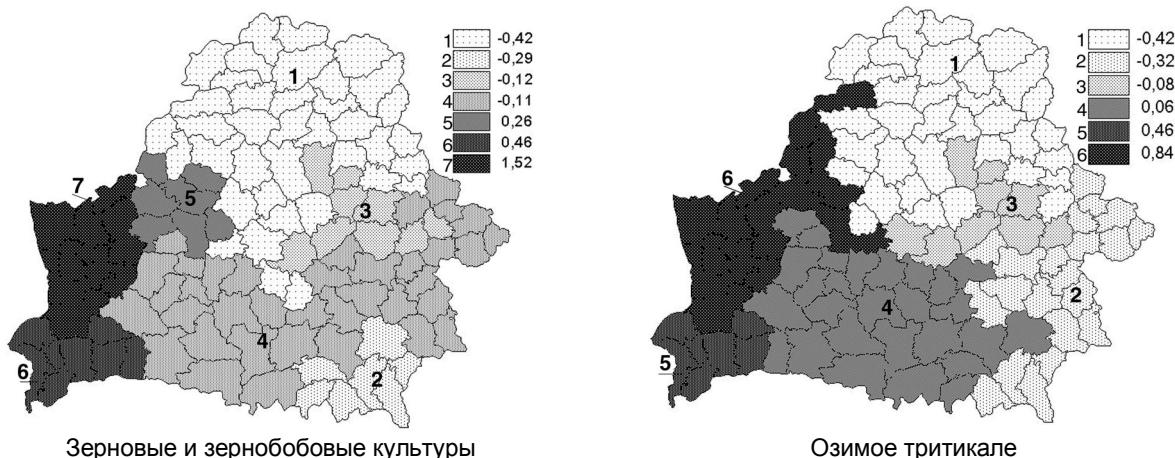


Рис. 2. Картограммы (модели) нормализованных параметров урожайности, осредненной по временному интервалу 2003–2006 гг. (0,00 – средний уровень)

Отличие этих картограмм от других, рассмотренных ранее для озимых культур, прослеживается достаточно четко, что отчасти можно объяснить значительной динамичностью климатических факторов. Наблюдаемые различия могут быть объяснены также тем, что каждая культура возделывается на своем отдельном поле, а в регионе – на сети таких полей (участков), другие культуры в этом же сезоне выращиваются на другой сети участков, не тождественной первой. Поэтому каждый год дает новое территориальное представление не только урожайности, но и самих посевов, которые формируются в новых условиях. Картограммы нормированной урожайности – это статистика, дающая возможность научного изучения и обеспечения оптимального ведения земледелия в динамических многофакторных условиях. Изложенные здесь положения свидетельствуют о необходимости выполнения детального статистического мониторинга и оптимизации полевых технологий и процессов, а метод кластерных территориальных картографических моделей может быть использован на разных этапах производства и сельскохозяйственного планирования в технологическом сельскохозяйственном процессе.

Предложенный метод построения и использования кластерных картограмм статистических параметров урожайности основан на разложении картограммы урожайности культуры в каждом административном районе на две

составляющие – фоновую (среднюю для всей территории страны) и локальную (отклонение от фона). Именно локальная составляющая описывает региональную территориальную структуру урожайности. Поскольку базовая территориальная единица – административный район, то выделяемые кластеры выступают в роли единиц, формирующих региональную структуру урожайности страны. Так как алгоритм работает на статистической основе, то получаемые картограммы урожайности обладают существенным потенциалом в аспекте исследования и оценки роли территориальных комплектующих структур – климатических, почвенных, геоморфологических, геоэкологических и др. Градации картограмм урожайности конкретной культуры определяются переходом от шкалы картограммы к натурным единицам. Приведенные картограммы построены по небольшому количеству лет (6 и 4), что свидетельствует об их недостаточной статистической обоснованности как прогнозных моделей. Однако они представляют существенно новую информацию в нормированных единицах, т. е. позволяют сопоставлять картограммы разных культур на одной картографической основе с одинаковой детальностью, раздельно и в комплексе.

Дополнительно построена картограмма нормированной урожайности комплекса шести культур (картофеля, ячменя, овса, озимых ржи, пшеницы и тритикале) за 2003–2006 гг. (рис. 3).

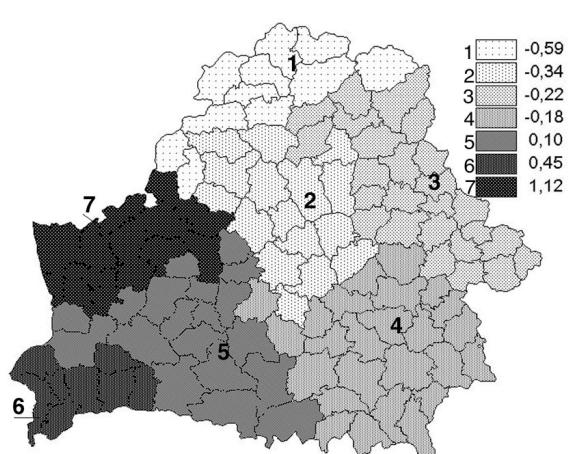


Рис. 3. Картосхема нормированной урожайности комплекса 6 культур (картофеля, ячменя, овса, озимых ржи, пшеницы и тритикале) за 2003–2006 гг. (0,00 – средний уровень)

Картосхема синтезирует информацию об осредненной нормализованной урожайности 6 культур на временному интервале 2003–2006 гг. на территории страны на уровне административных районов. Нормализованное значение продуктивности исследуемого комплекса культур на территории Гродненской области значительно превосходит по уровню аналогичный показатель других областей.

Представленная картосхема хорошо согласуется с выполненной ранее картосхемой [2], полученной на основе значений первой главной компоненты урожайности комплекса культур по данным 2001–2003 гг. При этом отмечаются определенные различия, свидетельствующие об изменениях погодных и технологических условий возделывания сельскохозяйственных культур.

Описанные в статье картосхемы обобщают статистическую информацию и способствуют объективному исследованию факторов и механизмов формирования урожайности. Использование нормализованных данных позволя-

ет анализировать территориальное распределение продуктивности комплекса пропашных и зерновых культур на единой нормализованной основе с одинаковой детальностью.

Л и т е р а т у р а

1. Сачок Г. И., Камышенко Г. А. Биогенный круговорот в геоэкосистемах Беларуси (модельный аспект). Мин., 2004.
2. Сачок Г. И., Камышенко Г. А. Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. Мин., 2006.
3. Сачок Р. И., Камышэнка Г. А. Структурныя мадэлі часавых радоў ураджайнасці сельскагаспадарчых культур Беларусі (на прыкладзе бульбы) // Весці БДПУ. 2007. № 1. Сер. 3. С. 43–45.
4. Сачок Г. И., Камышенко Г. А. Кластерные модели урожайности озимой ржи для территории Беларуси // Вестн. БГУ. 2007. Сер. 2. № 2. С. 117–122.
5. Сачок Г. И. Сопряженность колебаний климата в Северном полушарии. Мин., 1985.

Г. А. Камышенко

КЛАСТЕРНЫЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ НОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР БЕЛАРУСИ

В статье представлены результаты исследования современной территориальной изменчивости урожайности основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Беларуси. Особенностью работы является переход от показателей в натурных единицах ($t/га$, $ц/га$) к их нормализованным аналогам, что позволяет анализировать статистические данные по урожайности комплекса пропашных и зерновых культур на единой нормализованной основе с одинаковой детальностью.

Задача исследования территориальной неоднородности продуктивности сельскохозяйственных культур решается посредством применения автоматического (программного) районирования территории и включает два крупных этапа: а) деление множества объектов на заданное число классов (этап классификации объектов, соответствующий решению задачи типологического районирования); б) трансформация схемы типологического районирования в схему индивидуального районирования путем перераспределения малочисленных ареалов в смежные более крупные ареалы по максимуму сходства в признаковом пространстве. Объектами классификации являются административные районы Беларуси.

В результате исследования получена серия картосхем, основными из которых являются картосхемы, синтезирующие информацию об осредненной нормализованной урожайности комплекса 5 культур (озимой пшеницы, ржи, картофеля, овса и ячменя) на временном интервале 2001–2006 гг., а также комплекс тех же исследуемых культур, но с добавлением данных по трикале, на временном интервале 2003–2006 гг., выполненных на уровне административных районов Беларуси.

На первой из указанных картосхем представлены кластеры, образующие северо-восточную зону, характеризующуюся максимально отрицательным значением математического ожидания (отрицательное значение генерального фактора равно $-0,30$). Кластеры западной части страны имеют высокие положительные значения продуктивности комплекса культур (до 1,73), что обусловлено климатическим, почвенным и агротехническим потенциалом территории.

На второй обобщенной картосхеме четко выделяются однородные / неоднородные по урожайности сельскохозяйственные территории страны. Нормализованное значение продуктивности исследуемого комплекса культур на территории Гродненской области в 2003–2006 гг. значительно превосходит по уровню аналогичный показатель других областей.

Представленные картосхемы можно рассматривать как территориальные нормализованные модели урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси, способствующие решению вопроса оптимального размещения посевов культур на территории страны.

Kamyshenka G. A.

**CLUSTER TERRITORIAL NORMALISED MODELS
OF YIELD OF FARMING CROPS OF BELARUS**

The article presents results of modern territorial yield variability investigations of basic farming crops cultivated in Belarus. The specificity of the work is the transition from indices in natural units (T/ha , c/ha) to their normalized analogs that allows analyzing statistical data on yield of the complex of plough and cereal crops on the unified normalized basis with similar details working out.

The task of investigation of territorial heterogeneous fertility of farming crops is solved through application of automatic (program) zoning and includes two big stages: a) division of a great number of objects into assigned number of classes (the stage of objects classification, corresponding to the task decision of typological zoning); b) transformation of the scheme of typological zoning into that of individual one through redistribution in small amount areas into adjoining greater ones on the maximum of similarity in indication space. The classification objects are Belarus administrative regions.

Investigations resulted in a series of chart-schemes, main of which are those to synthesize information about averaged yield of complex 5 of crops (winter rye, wheat, oats and barley) in time interval 2001–2006, and also same investigated crops complex, but with addition of data on triticale, in time interval 2003–2006, executed on the level of Belarus administrative regions.

The first of the mentioned scheme presents clusters forming north-eastern zone, characterized with maximum negative value of mathematical stand-by (negative value of general factor is -0,30). Clusters of western part of the country have high positive values of crops productivity (till 1,73), that is stipulated by climatic, soil and agrotechnical potential of the territory.

The second generalized chart-scheme presents clearly expressed homogeneous /heterogeneous on yield agricultural country's territories. A normalized value of productivity of the investigated crops complex on Grodno territory in 2003–2006 greatly exceeds by the level the other regions.

The presented chart-schemes may be viewed as territorial normalized models of yield of farming crops of Belarus, promoting to the issue decision of optimal crops distribution on the country's territory.

В. В. Коляда

ОПЫТ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТRENДОВ В РЯДАХ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Рассмотрены различные аспекты аппроксимации рядов урожайности сельскохозяйственных культур динамикой показателей интенсификации земледелия. Экономические тренды, рассчитанные по обеспеченности тракторами и зерноуборочными комбайнами, дозам внесения органических и минеральных удобрений в общественном секторе сельского хозяйства для территории Беларуси и ее регионов за период 1945–2006 гг., позволяют уточнить соотношение агрокультурных и погодно-климатических факторов в динамике урожайности культур на различных временных интервалах рассматриваемого периода.

В динамике урожайности сельскохозяйственных культур выделяют две компоненты: тенденцию и колеблемость. Первую связывают с эволюцией урожайности под влиянием факторов культуры земледелия (агропартикулы), прежде всего агротехнических, а вторую – с колебаниями погодно-климатических условий. При этом, «культура и погода резко разграничили сферы своего влияния. Культура создает весьма плавный, не волнообразный уровень урожайности. Погода же порождает беспорядочные, случайные отклонения от этого уровня» [3]. Иногда оговариваются, что погодно-климатические условия отнюдь не всегда изменяются случайно, что более высокий уровень агропартикулы способен уменьшать амплитуду их колебаний и что в обоих компонентах могут проявляться долгопериодные циклические колебания [3]. Однако в большинстве исследований эти нюансы опускаются, тем более что выявление циклической компоненты в динамике урожайности сельскохозяйственных культур остается проблематичным [1, 12].

Основной метод исследования динамики урожайности – аналитическое выравнивание по явным временным зависимостям, что требует минимума эмпирических данных и позволяет выразить тенденцию в виде уравнения регрессии. Узким местом здесь является форма регрессионной зависимости. При обосновании модели тренда различные авторы используют различные подходы, базирующиеся на содержательных установках, формальных критериях или их комбинациях. Для аппроксимации динамики урожайности наиболее широко применяют зависимости из класса полиномов, а при выборе степени полинома опираются на анализ графического изображения и показатели качества аппроксимации. Опыт выделения трендов с использованием различных аналитических зависимостей и возникающие при этом методические проблемы рассмотрены нами ранее [8].

Анализ рядов урожайности различной длины с использованием различных зависимостей приводит к существенным различиям в оценках

трендовой урожайности для одних и тех же временных интервалов, а следовательно, и к расхождениям в оценках роли агропартикульных и погодно-климатических факторов в динамике урожайности. Такая ситуация типична для продолжительных рядов со сложным характером динамики. Примером может служить динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур на территории Беларуси за послевоенный период в целом: высказано мнение о невозможности подобрать гладкую функцию для его адекватного описания, и рекомендуется разбивать ряд урожайности на интервалы, рассчитывая по ним «кусочные» тренды [18]. Проблемными интервалами здесь являются, прежде всего, конец 70-х – начало 80-х гг. XX в. и постсоветский период в целом [8].

Для уточнения формы тренда и выявления факторов, контролирующих динамику урожайности на различных этапах рассматриваемого периода, были выполнены аппроксимации рядов урожайности основных сельскохозяйственных культур динамикой показателей, отражающих различные аспекты интенсификации земледелия. Этот метод, известный как расчет экономических (агротехнических) трендов, рассматривается в качестве альтернативы выравнивания рядов урожайности по явным временным зависимостям [10, 11].

В экономике различают экстенсивные и интенсивные факторы, причем первые связывают с привлечением дополнительных ресурсов, а вторые – с повышением эффективности их использования на основе достижений научно-технического прогресса. В земледелии экстенсивные факторы связаны с расширением посевых площадей, а интенсивные – с ростом урожайности. Длительное время развитие земледелия выступало преимущественно в экстенсивной форме аграрного освоения земель. Но по мере роста народонаселения и исчерпания земельных ресурсов на передний план вышли интенсивные факторы, которые вместе обеспечили увеличение валовых сборов в условиях стабильных и

даже сокращающихся размеров посевных площадей [5]. Интенсификация имеет многозначный смысл, а ее показатели – конкретно историческое содержание. В качестве показателей интенсификации для территории Беларуси в свое время рассматривались сокращение чистых паров, рост посевных трав, расширение площадей под картофель и другие пропашные культуры, переход на машинную тягу, применение искусственных удобрений и пр. Основными факторами (направлениями) интенсификации земледелия и растениеводства на современном этапе считают: 1) механизацию производственных процессов; 2) химизацию, связанную с применением минеральных удобрений и химических средств защиты растений; 3) мелиорацию земель; 4) внедрение высокоурожайных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на основе достижений селекции и генетики [4].

Методика расчета экономических трендов была апробирована на статистических данных по зерновым культурам для разных стран умеренного пояса [10, 11]. Ее авторами рекомендована функция, базирующаяся на концепции лимитирующих факторов и выражающая зависимость урожайности от нормированных на площадь показателей интенсификации зернопроизводства в виде кривых с насыщением:

$$\hat{y}_t = a + \frac{1}{b + \sum_{j=1}^K c_j / P_{ij}},$$

где a , b , c_j – рассчитываемые параметры; P_{ij} – экономический показатель; i – номер года; j – индекс экономического показателя; K – количество показателей.

В качестве показателей интенсификации зернопроизводства для условий плановой экономики СССР и стран СЭВ были использованы дозы минеральных удобрений (кг д.в. на 1 га пашни) и химических средств защиты растений (кг д.в. на 1 га посевов), обеспеченность сельского хозяйства тракторами (усл. ед. на 1 000 га пашни), зерноуборочными комбайнами (ед. на 1 000 га посевов зерновых и зернобобовых культур) и электроэнергией (тыс. кВт/ч на 1 га сельхозугодий) [10, 11].

Общая схема подбора экономического тренда заключалась в поочередном введении в расчеты названных показателей, что позволяло дифференцированно оценить их влияние на урожайность и выявить наиболее значимые. Критериями качества аппроксимации служили коэффициент детерминации (R^2) и среднее квадратическое отклонение ($S_y(t)$), а наиболее значимыми показателями оказались дозы минеральных удобрений и обеспеченность зерноуборочной техникой. Основную роль при расчетах экономических трендов играли данные о внесении

минеральных удобрений, информация по которым наиболее доступна и однородна [11].

Экономические тренды представлены на графиках «ломаными» линиями, отражающими изменения абсолютных значений показателей интенсификации и размеров посевных площадей. Авторами подчеркнута их большая точность по сравнению с «временными» трендами и перспективность использования для других сельскохозяйственных культур. Основным препятствием является отсутствие продолжительных и однородных рядов показателей интенсификации. Существенным ограничением является также мультиколлинеарность (линейная связь) этих показателей, препятствующая проведению многофакторного анализа [10, 11].

Нами осуществлен сбор статистических показателей, отражающих различные аспекты интенсификации земледелия Беларуси за период с 1945 по 2006 г. Он показал, что однородные ряды таких показателей по всему рассматриваемому периоду в явном виде отсутствуют. Так, данные по тракторам до 1971 г. представлены в пересчете на 15 л.с. тяговой мощности, затем выражены в эталонных тракторах, а в современный период – в физических единицах. В физических единицах за весь рассматриваемый период приводятся и сведения по уборочной технике, хотя ее производительность существенно возросла [6, 15]. Данные по внесению минеральных удобрений, выраженные в килограммах действующего вещества на 1 га пашни или посевной площади основных сельскохозяйственных культур, имеются лишь с 60-х гг. XX в. Заметим, что однородность их рядов весьма условна, поскольку они представляют собой суммарные значения основных питательных веществ (NPK) без учета их соотношения, которое изменялось во времени.

В этих условиях расчеты экономических трендов для территории Беларуси и ее административных областей вынужденно носят фрагментарный характер, охватывая лишь отдельные временные интервалы, обеспеченные статистической информацией. Тем не менее, такие расчеты представляются нам полезными хотя бы потому, что обеспечивают контроль за трендами, выделенными на основе априорных временных зависимостей.

Для территории Беларуси обычно анализируют ряды урожайности, начиная с 1960 г., которым датируется современное областное деление страны и начало формирования статистики по ее регионам. Вместе с тем процесс формирования территории Беларуси фактически завершился еще в 1945 г., и с этого года урожайные статистические данные начали собирать в ее нынешних границах. К сожалению, неоднократное изменение административно-территориального деления в послевоенные годы и отсутствие статистических пересчетов позволяют в настоя-

щее время продлить ряды урожайности до 1945 г. лишь по стране в целом.

Известно, что в первые послевоенные десятилетия процесс интенсификации земледелия в Беларуси носил характер односторонней механизации [19]. Результаты расчетов экономических трендов для рядов урожайности основных

сельскохозяйственных культур в колхозах и госхозах по обеспеченности их тракторами в пересчете на 15 л.с. тяговой мощности на 1 000 га посевной площади всех культур за период 1945–1971 гг., полученные с использованием процедуры нелинейного оценивания [2], представлены на рис. 1 и в табл. 1.

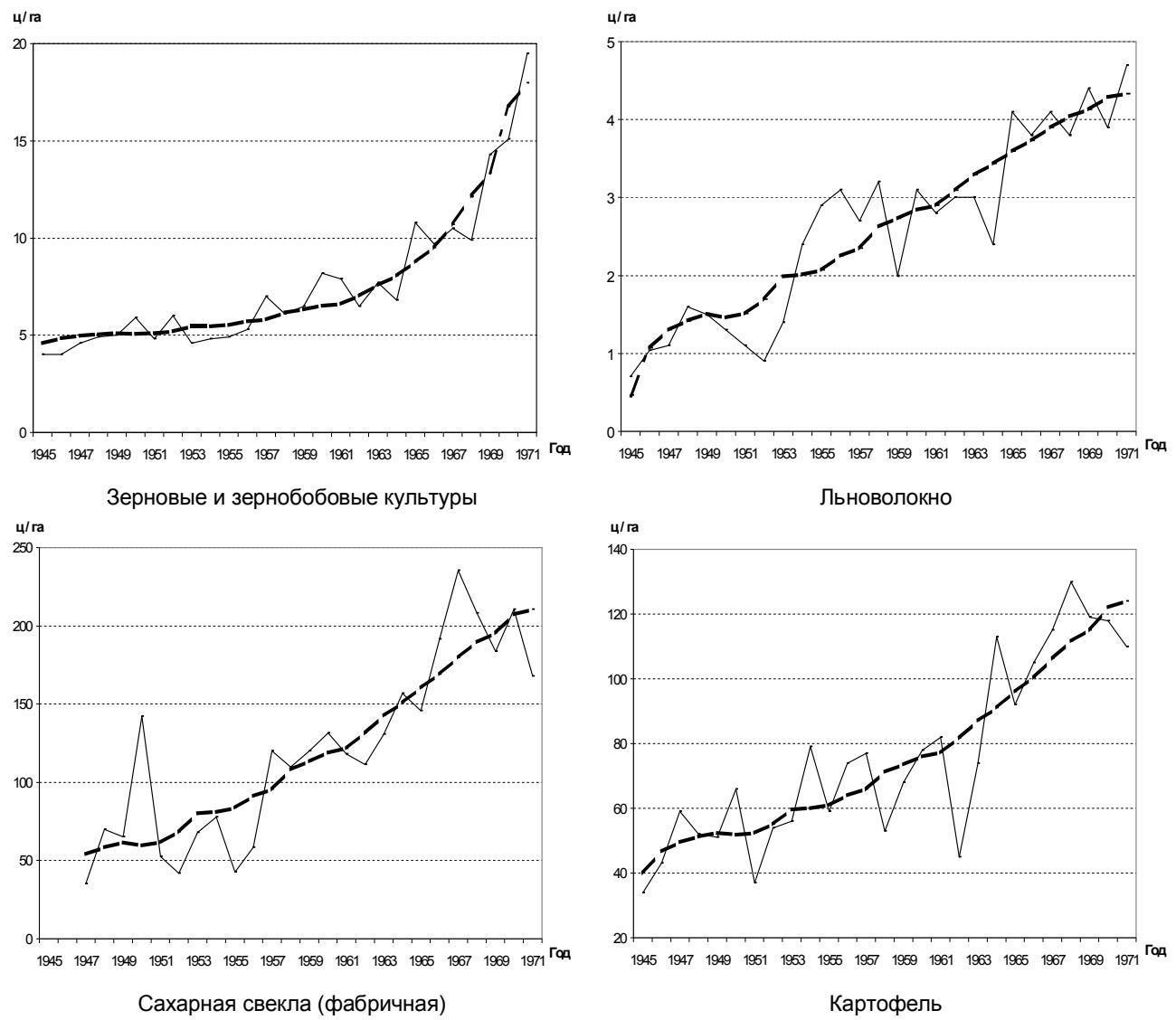


Рис. 1. Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в Беларуси и их экономические тренды по обеспеченности тракторами за 1945–1971 гг.

Таблица 1. Показатели качества аппроксимации различными трендами рядов урожайности основных сельскохозяйственных культур Беларуси за 1945–1971 гг.

Культуры	Полином I степени		Полином II степени		Полином III степени		Экономический тренд	
	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$
Зерновые и зернобобовые	0,71	2,07	0,87	1,40	0,93	1,13	0,93	1,07
	0,85	0,48	0,84	0,49	0,85	0,50	0,84	0,49
	0,73	30,9	0,75	30,5	0,78	29,3	0,77	29,0
	0,74	14,6	0,77	13,9	0,78	14,1	0,79	13,3

Рис. 1 свидетельствует о хорошем описании экономическим трендом динамики урожайности культур для рассматриваемого временного интервала. Однако данные табл. 1 показывают, что лучшей в сравнении с малопараметрическими временными зависимостями аппроксимацией характеризуется лишь динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур. Сопоставление показателей качества аппроксимации и анализ графиков разных функций показывает, что характер динамики урожайности зерновых и зернобобовых культур в этот период наиболее соответствует полиному III степени, картофеля и сахарной свеклы – II степени (квадратичная пара-

бola), а льноволокна – I степени (линейная функция).

Со второй половины 60-х гг. XX в. интенсификация земледелия в Беларуси приобрела комплексный характер, что обусловило резкий подъем урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее мощным фактором его повышения в этот период стало наращивание доз минеральных удобрений. Экономические тренды динамики урожайности основных сельскохозяйственных культур в колхозах и госхозах Беларуси, рассчитанные с использованием данных о дозах их внесения под посевы за 1963–1991 гг., отражены на рис. 2.

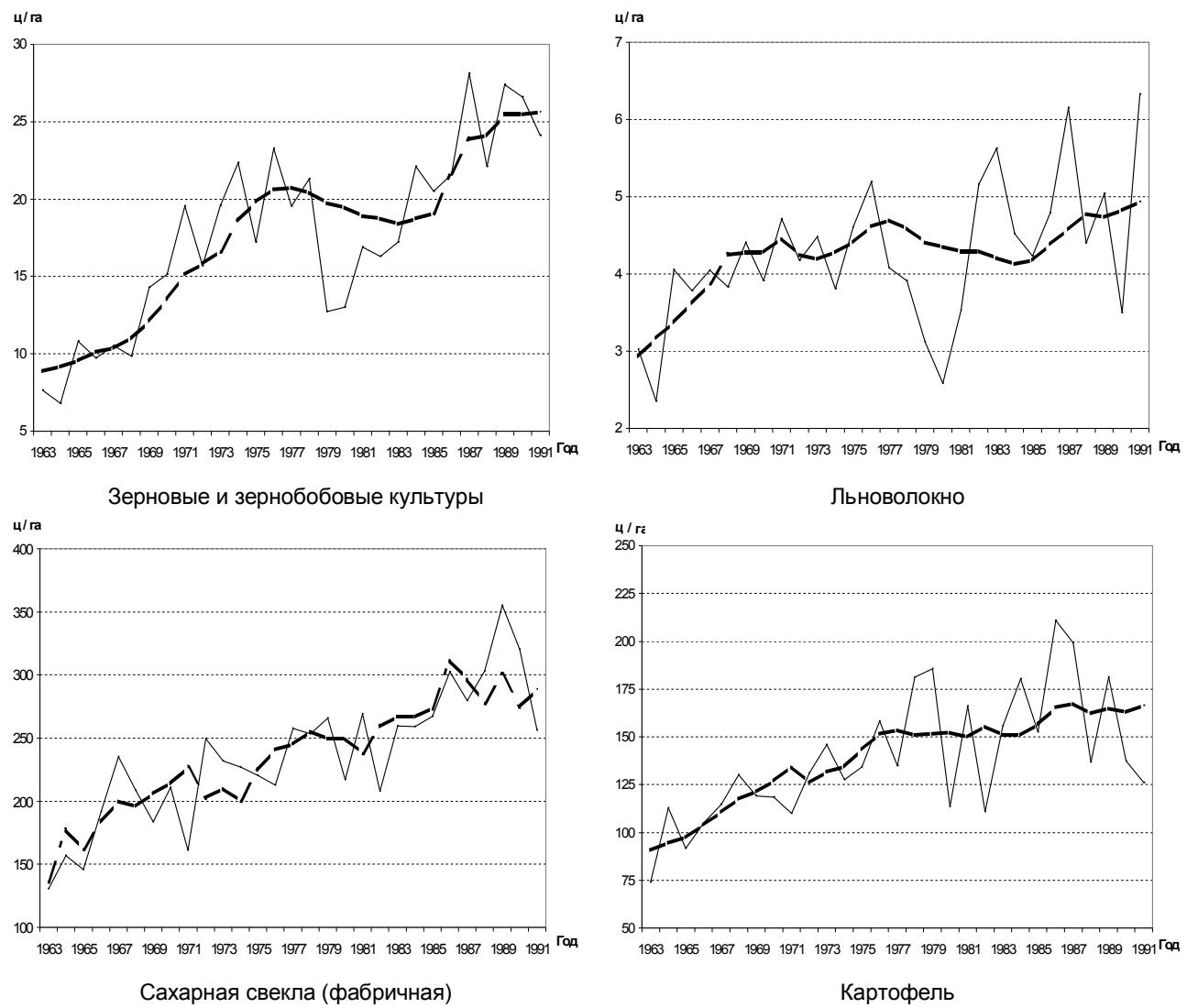


Рис. 2. Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур Беларуси и их экономические тренды по дозам минеральных удобрений за 1963–1991 гг.

На рис. 2 видно, что быстрое наращивание доз минеральных удобрений, сопровождаемое подъемом урожайности, продолжалось до середины 1970-х гг. Затем произошла стабилизация их для картофеля и заметное снижение для зерновых и зернобобовых культур и

льноволокна. Новый рост доз минеральных удобрений был связан с принятием и реализацией Продовольственной программы [14] и вызвал ответный подъем урожайности, который продолжался с середины 1980-х гг. до конца советского периода и был особенно выражен у зерно-

вых и зернобобовых культур. Показатели качества трендов, построенных по временным зависимостям и динамике доз внесения минеральных удобрений для двух временных интервалов, представлены в табл. 2.

Согласно данным табл. 2, о некотором преимуществе экономического тренда по

сравнению с временными зависимостями можно говорить только в отношении зерновых и зернобобовых культур, да и то лишь в советское время. Оценки также указывают на резкое снижение роли минеральных удобрений в динамике урожайности основных сельскохозяйственных культур в постсоветский период.

Таблица 2. Показатели качества аппроксимации различными трендами рядов урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси за 1963–1991/1963–2006 гг.

Культуры	Полином I степени		Полином II степени		Полином III степени		Экономический тренд	
	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$
Зерновые и зернобобовые	0,66/0,48	3,37/4,24	0,67/0,60	3,61/3,76	0,74/0,61	3,09/3,76	0,77/0,52	2,91/4,16
Льноволокно	0,25/0,21	0,78/0,96	0,25/0,22	0,79/0,99	0,32/0,23	0,79/1,00	0,26/0,02	0,78/1,05
Сахарная свекла	0,71/0,36	26,8/41,3	0,72/0,47	27,2/38,8	0,73/0,52	24,5/38,0	0,69/0,51	29,8/38,8
Картофель	0,42/0,00	23,8/33,4	0,51/0,27	23,3/29,1	0,53/0,34	23,7/27,9	0,50/0,44	23,1/28,3

Обеспеченность хозяйств тракторами и уровни применения минеральных удобрений характеризуют, соответственно, динамику качества обработки почв и уровня их плодородия. Эти факторы в значительной степени определяют величину выращенного урожая, т. е. урожая «на корню». В то же время при анализе статистических данных за послевоенный период мы во всех случаях имеем дело с фактически убранным и оприходованным, т. е. «амбарным», урожаем [17]. Фактором его приближения к размерам выращенного урожая является качество и сроки проведения уборочных работ, которые во многом определяются обеспеченностью хозяйств убо-

рочной техникой. Особая значимость уборки как заключительной стадии полевых работ определяется тем, что она способна свести на нет роль всех факторов, определяющих размеры выращенного урожая. Например, обеспеченность хозяйств зерноуборочными комбайнами характеризует потенциал механизированной уборки зерновых и зернобобовых культур.

Результаты аппроксимации рядов урожайности зерновых и зернобобовых культур динамикой обеспеченности зерноуборочными комбайнами и доз внесения минеральных удобрений в общественном секторе Беларуси в разрезе административных областей за 1965–1986 гг. отражены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели аппроксимации экономическими трендами рядов урожайности зерновых и зернобобовых культур по административным областям Беларуси за 1965–1986 гг.

Область	Количество комбайнов на 1 000 га посева зерновых и зернобобовых культур		Дозы минеральных удобрений, кг НРК на 1 га пашни	
	R^2	$S_y(t)$	R^2	$S_y(t)$
Брестская	0,78	2,56	0,64	3,29
Витебская	0,55	2,91	0,23	3,83
Гомельская	0,46	3,87	0,39	4,12
Гродненская	0,79	2,62	0,63	3,51
Минская	0,75	2,60	0,56	3,46
Могилевская	0,52	3,15	0,37	3,62
Республика Беларусь	0,74	2,43	0,54	3,25

Данные табл. 3 свидетельствуют о значительно лучшей аппроксимации динамики урожайности рядами обеспеченности зерноуборочными комбайнами по сравнению с дозами минеральных удобрений, указывая тем самым на еще одну возможную причину снижения урожайности в Беларуси в конце 70-х–начале 80-х гг. Заметим, что при аналитическом выравнивании по временным зависимостям рядов урожайности озимой ржи и ярового ячменя за 1960–1999 гг. в разрезе административных областей [9], а также рядов урожайности зерновых и зернобобовых культур за 1945–2004 гг. по стране в целом [8] это снижение целиком относят на счет ухудшения погодно-климатических условий.

Однако, как отмечалось выше, статистические данные по зерноуборочным комбайнам представлены в физических единицах, поэтому их ряды, особенно за длительный период времени, не являются однородными. В связи с этим мы обратились к сведениям о начале производства и технических характеристиках советских зерноуборочных комбайнов от СК-3 (1958 г.) до Дон-1500 (1986 г.) [15]. Далее, используя статистические данные о ежегодных поставках комбайнов и предполагая, что эти поставки целиком базировались на новых марках (данное предположение является заведомо избыточным, но позволяет повысить достоверность получаемых результатов), исходные ряды комбайнов были пе-

рассчитаны в условные единицы по основному показателю их производительности – пропускной способности молотильного устройства. Расчеты экономических трендов по показателю обеспеченности условными комбайнами подтвердили

синхронность ее снижения с падением урожайности зерновых и зернобобовых культур в конце 1970-х–начале 1980-х гг. во всех без исключения областях Беларуси (рис. 3).

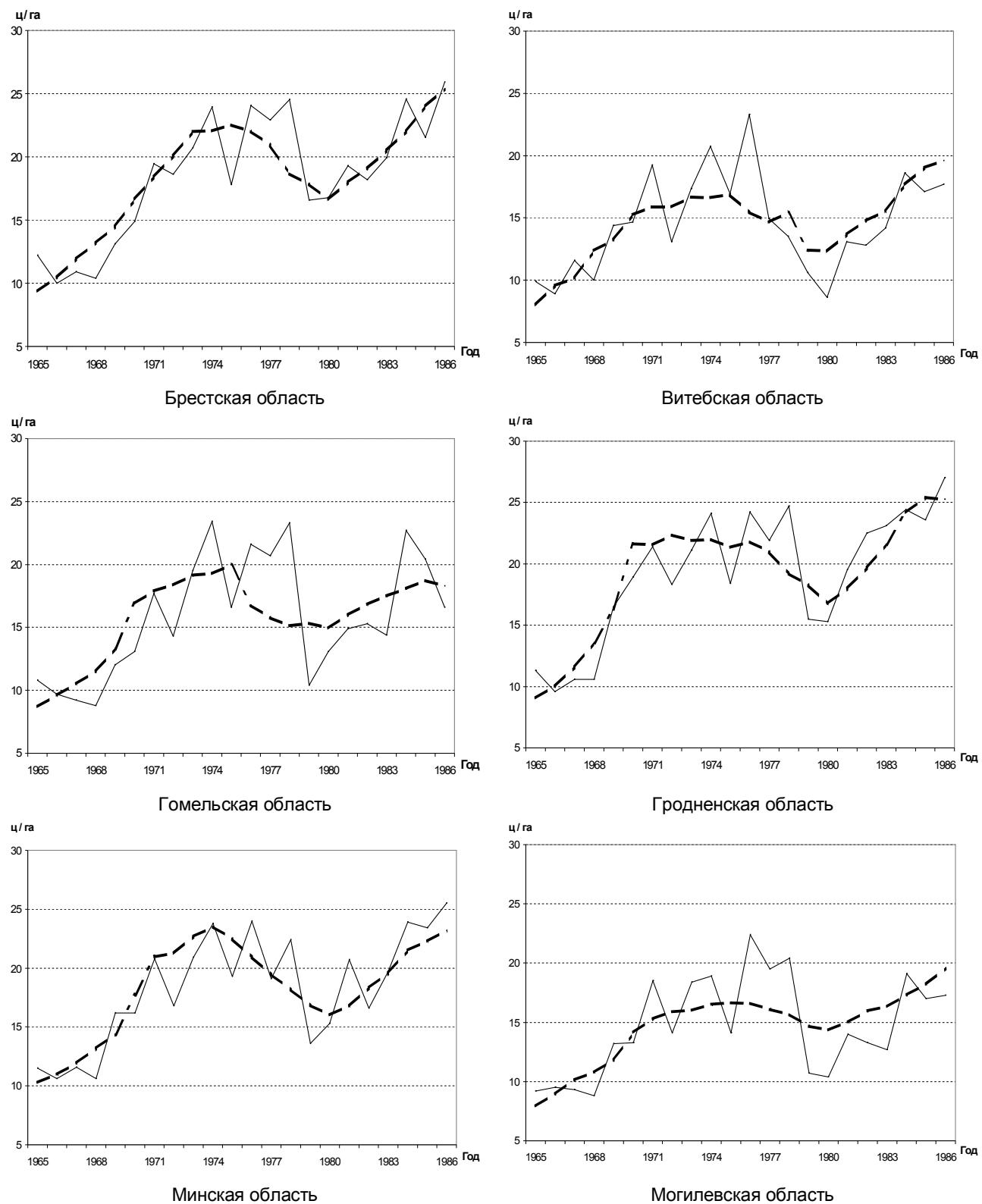


Рис. 3. Динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур и их экономические тренды по плотности комбайнов для административных областей Беларуси за 1965–1986 гг.

Полученные результаты не означают, что недостаток зерноуборочных комбайнов стал основным фактором снижения урожайности зерновых и зернобобовых культур в конце 1970-х–начале 1980-х гг. Здесь действовал целый комплекс причин, среди которых наряду с сокращением внесения минеральных удобрений не последнюю роль сыграло и снижение обеспеченности хозяйств зерноуборочной техникой, которое вело к увеличению потерь продукции в сложных погодных условиях уборки.

Особый интерес представляют расчеты экономических трендов для динамики урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси в постсоветский период, который в целом обеспечен более детальной информацией о показателях интенсификации земледелия. Например, с 1990 г. имеются сведения о дозах минеральных удобрений под зерновые и зернобобовые культуры и картофель по отдельным видам, а также данные о количестве зерноуборочных комбайнов по маркам.

Выравнивание рядов урожайности зерновых культур по временным зависимостям с ис-

пользованием полиномов разных степеней демонстрирует решающую роль агрокультурных факторов как в резком падении урожайности в 90-е гг. [9], так и в ее крутом подъеме в начале XXI в. [8]. Роль погодно-климатических условий при этом остается неясной. Вместе с тем, динамика большинства агрокультурных факторов, прежде всего показателей энергетической вооруженности и технической оснащенности, демонстрирует неуклонное снижение со стабилизацией в лучшем случае на рубеже веков [6]. Исключение составляют лишь дозы минеральных удобрений, динамика которых в последние годы была положительной. Качество аппроксимации динамики урожайности зерновых и зернобобовых культур и картофеля рядами доз органических (в тоннах) и минеральных удобрений (в кг NPK) на 1 га их посевной площади в сельскохозяйственных и других организациях Беларуси в разрезе административных областей за 1990–2006 гг. демонстрируют табл. 4 и 5.

Таблица 4. Коэффициенты детерминации динамики урожайности зерновых и зернобобовых культур дозами удобрений по административным областям Беларуси за 1990–2006 гг.

Область	Органические удобрения	Минеральные удобрения			
		азотные	фосфорные	калийные	всего
Брестская	0,11	0,08	0,26	0,01	0,13
Витебская	0,05	0,09	0,00	0,00	0,04
Гомельская	0,23	0,14	0,27	0,03	0,16
Гродненская	0,42	0,59	0,11	0,12	0,27
Минская	0,10	0,16	0,21	0,04	0,17
Могилевская	0,01	0,12	0,08	0,00	0,08
Республика Беларусь	0,00	0,25	0,14	0,02	0,14

Таблица 5. Коэффициенты детерминации динамики урожайности картофеля дозами удобрений по административным областям Беларуси за 1990–2006 гг.

Область	Органические удобрения	Минеральные удобрения			
		азотные	фосфорные	калийные	всего
Брестская	0,28	0,27	0,42	0,24	0,33
Витебская	0,12	0,04	0,03	0,01	0,02
Гомельская	0,08	0,15	0,16	0,10	0,14
Гродненская	0,17	0,31	0,25	0,14	0,23
Минская	0,26	0,22	0,04	0,14	0,09
Могилевская	0,49	0,48	0,15	0,35	0,38
Республика Беларусь	0,27	0,23	0,15	0,10	0,14

Исходя из данных табл. 4 и 5 в целом можно говорить о низкой детерминации динамики урожайности этих культур дозами органических и минеральных удобрений. Показательно, что пик снижения доз минеральных удобрений пришелся на 1995 г., а максимальное падение урожайности относится к 1999 г. Объяснение этому, очевидно, следует искать в существующей в Беларуси смешанной органо-минеральной системе удобрений, которая сгладила отрицательный эффект резкого снижения доз минеральных удобрений в самом начале периода за счет более плавного уменьшения доз органических удобрений. Впро-

чем попытки продемонстрировать это расчетами экономических трендов, используя множественную регрессию дали положительные результаты лишь по Гродненской области, для которой при совместном применении в расчетах органических и азотных удобрений под зерновые и зернобобовые культуры был получен множественный коэффициент детерминации, равный 0,70. Причиной может быть неоднородность рядов органических удобрений. Как известно, снижение их доз в постсоветский период обусловлено прежде всего резким сокращением ввиду удорожания энергносителей заготовки торфа, который составлял

до 50 % всей массы вносимых органических удобрений. При этом, сокращение количества органики сопровождалось некоторым повышением концентрации в ней питательных веществ.

Статистические данные по зерноуборочным комбайнам за постсоветский период, к сожалению, имеют пробелы во второй половине 90-х гг. и не охватывают всего разнообразия зерноуборочной техники, работавшей в этот период на белорусских полях. Однако куда более серьезную проблему, чем недостатки в статистических данных, представляет сведение в однородный ряд количества техники, представленной морально устаревшими и изношенными комбайнами советской эпохи, их более поздними российскими модификациями, производимыми с конца прошлого века белорусскими комбайнами и ультрасовременными западными образцами. Нормативные документы ограничиваются здесь лишь наиболее распространенными марками [16]. В целом представленные в Беларуси комбайны различаются по основным технико-эксплуатационным показателям примерно в три раза. Однако эти различия во многом носят формальный характер, поскольку решающее значение имеют не их проектные параметры, а надежность работы и реальная выработка комбайнов. К сожалению, в этом отношении имеется лишь отрывочная информация [7]. Поэтому в настоящее время о характере динамики данного показателя можно говорить лишь на качествен-

ном уровне, как о его снижении в начале периода с последующей стабилизацией и даже некотором росте в конце периода. Именно такой характер движения, соответствующий параболе первого порядка, демонстрирует отношение поставок комбайнов к их наличию. Любопытно, что минимум данного показателя приходится на 1999 г. – год минимального урожая зерновых и зернобобовых культур в Беларусь за весь постсоветский период.

Таким образом, опыт использования показателей интенсификации для анализа динамики урожайности сельскохозяйственных культур показывает, что данный метод позволяет внести большую определенность в вопрос о выборе тренда, а тем самым и в оценку роли агрокультурных и погодно-климатических факторов на различных временных интервалах исследованного периода. Вместе с тем он не подтвердил большей точности расчетов экономических трендов по сравнению с временными зависимостями и обнаружил значительные проблемы с однородностью рядов показателей интенсификации. Все это существенно ограничивает возможности метода и позволяет говорить не столько об альтернативной, сколько о его вспомогательной роли при анализе динамики урожайности. Расчеты экономических трендов следует рассматривать, прежде всего, как эффективное средство контроля при выделении трендов по явным временным зависимостям.

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. Боровиков В. П., Боровиков И. П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М., 1997.
3. Вайнштейн А. Л. Эволюция урожайности зерновых хлебов в России до войны и перспективы ее развития в будущем // Избр. труды в 2 книгах. Кн. 1. М., 2000. С. 276–330.
4. Витязев В. Г., Макаров И. Б. Общее земледелие. М., 1991.
5. Иоффе Г. В., Нефедова Т. Г., Пинес Д. Г. Интенсификация сельского хозяйства на европейской территории СССР (Теоретико-методологические подходы) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1988. № 1. С. 64–77.
6. Клочков А. В. Тенденции развития сельского хозяйства и его техническая обеспеченность // Белорусское сельское хозяйство. 2007. № 2 (58). С. 64–68.
7. Клочков А. В., Штоц Л.-П. Перспективы совершенствования парка зерноуборочных комбайнов в Республике Беларусь // Вестн. БГСХА. 2007. № 3. С. 101–105.
8. Коляда В. В. Применение аналитических зависимостей для исследования динамики урожайности зерновых культур Беларусь // Природопользование. 2005. Вып. 11. С. 58–65.
9. Мельник В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларусь: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 2004.
10. Менжулин Г. В., Николаев М. В. Методика расчета показателей межгодовой изменчивости и экономических трендов урожайности зерновых культур // Тр. ГГИ. 1987. Вып. 327. С. 113–119.
11. Николаев М. В. Современный климат и изменчивость урожаев. Зерновые регионы умеренного пояса. СПб., 1994.
12. Обухов В. М. Урожайность и метеорологические факторы. М., 1949.
13. Пасов В. М. Изменчивость урожаев и показатели продуктивности зерновых культур. Л., 1986.
14. Продовольственная программа Белорусской ССР на период до 1990 г. Мн., 1982.
15. Русанов А. И., Журавлева Г. М. Состояние и тенденции развития зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельхозмашины. 1986. № 11. С. 12–15.
16. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат на ведение сельского хозяйства / Под ред. В. Г. Гусакова. Мн., 2006.

17. Статистика сельского хозяйства / Под ред. В. Н. Максимовой, И. С. Пасхавера. М., 1973.
18. Черник П. К., Зайкина Н. К. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур во времени, обусловленная влиянием нерегулярных природных факторов // Сб. науч. тр. БелНИИМил. Мин., 1998. Т. XLV. С. 253–261.
19. Экономика Советской Белоруссии: 1917–1967 / Под ред. Ф. С. Мартинкевича. Мин., 1967.

B. B. Коляда

ОПЫТ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ В РЯДАХ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Рассмотрены различные аспекты аппроксимации рядов урожайности сельскохозяйственных культур динамикой показателей интенсификации земледелия, известные как расчеты экономических трендов. Экономические тренды по обеспеченности техникой и дозам внесения удобрений в общественном секторе сельского хозяйства для территории Беларуси и ее регионов за период 1945–2006 гг. позволяют уточнить соотношение агрокультурных и погодно-климатических факторов в динамике урожайности культур на различных временных интервалах рассматриваемого периода.

Ряды обеспеченности тракторами показывают, что в 1945–1971 гг. на территории Беларуси характер динамики урожайности зерновых и зернобобовых культур наиболее соответствовал полиному III степени, картофеля и сахарной свеклы – II степени (квадратичная парабола), а льноволокна – I степени (линейная функция). Расчеты трендов в динамике урожайности основных культур Беларуси по рядам минеральных удобрений за 1963–1991 гг. продемонстрировали, что резкое падение урожайности, особенно выраженное у зерновых и зернобобовых культур и льна, наблюдалось после снижения (стабилизации) доз удобрений с середины 1970-х гг. Аппроксимация динамики урожайности зерновых и зернобобовых культур в 1965–1986 гг. рядами обеспеченности зерноуборочными комбайнами показывает значительную синхронность их снижения в конце 70-х–начале 80-х гг. во всех областях Беларуси. Анализ динамики урожайности культур с использованием рядов органических и минеральных удобрений за 1990–2006 гг. позволил сделать качественные выводы о роли агрокультурных факторов в данный период.

Опыт расчета экономических трендов показал, что его следует рассматривать не как альтернативный, а как вспомогательный метод анализа динамики урожайности сельскохозяйственных культур, весьма эффективное средство контроля при выделении трендов с использованием явных временных зависимостей.

V. V. Kolyada

EXPERIENCE OF CALCULATION OF ECONOMIC TRENDS IN THE SERIES OF YIELD OF FARMING CROPS

Various aspects of approximation of series number of farming crops yield by the dynamics of indices of farming intensification, known as calculations of economical trends has been regarded. Economical trends regarding their machinery and fertilizers introduction doses supply in public sector of agriculture for the territory of Belarus and its regions for the period 1945–2006 allow to clarify ratio of agricultural and weather-climatic factors in crops yield dynamics in various time intervals of the period regarded.

The series of tractors supply show that in 1945–1971 in Belarus territory a character of dynamics of the yield of cereals and cereal-bean crops corresponded to the greatest extent to III degree polynomial , potato and sugar-beet – to II degree (quadratic parabola), and flax-fiber – to I degree (linear function). The trends calculation in the dynamics of basic Belarus crops yield on series of mineral fertilizers for 1963–1991 has revealed that sharp yield fall, especially specific to cereals and cereal-bean crops and flax, was observed after the fall (stabilization) of fertilizers doses form the mid of 70's .

Approximation of cereals and cereal-bean crops yield dynamics in 1965–1986 by the series of supply with grain combines show a significant synchronicity of their decrease in the end of 70's start of 80's in all Belarus regions. The analysis of crops yield dynamics with the use of series of organic and mineral fertilizers for 1990–2006 enabled making of qualitative conclusions on the role of agricultural factors in the period stated.

The experience of economical trends calculation has shown that it should be regarded not as an alternative but as an additional analysis method of crops yield dynamics, effective control means when singling out trends of obvious time dependences.

Ю. А. Бровка

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Представлена оценка региональных различий климатической и агротехнической составляющих изменчивости урожайности основных зерновых, технических, кормовых культур и картофеля. На областном уровне проведена дифференциация территории страны по степени устойчивости урожаев к колебаниям климата. На основании полученных результатов разработаны предложения по оптимальному размещению посевов сельскохозяйственных культур на территории Беларуси.

Агроклиматические ресурсы территории Беларуси, как известно, являются основой для производства растениеводческой продукции, позволяющей решать вопрос обеспечения продовольственной безопасности страны. Однако именно земледелие в значительной степени зависит от климатических факторов, снижающих продуктивность агроценозов.

Оценка влияния климата на урожайность основных сельскохозяйственных культур Беларуси особенно актуальна в настоящее время, так как с 1990-х гг. наблюдается увеличение повторяемости неблагоприятных погодных явлений, их интенсивности и продолжительности. Существенное воздействие на урожайность сельскохозяйственных культур оказывают возникающие климатические аномалии. Таким образом, ведение земледелия в Беларуси предполагает не только повышение уровня агротехники, но и учет агроклиматических ресурсов территории.

Предложения по оптимизации регионального распределения посевов сельскохозяйственных культур разработаны на основании результатов выполненной диссертационной работы «Региональная агроэкологическая оценка влияния неблагоприятных погодно-климатических условий на урожайность сельскохозяйственных культур». В качестве объекта исследования выступают агроклиматические ресурсы; предмет исследования – климатические показатели, определяющие колебание урожайности сельскохозяйственных культур в регионах Беларуси [1].

Существенный вклад в изучение проблемы изменчивости урожаев зерновых культур и обусловливающих ее причин внес В. М. Пасов [6, 7]. Им оценена климатическая составляющая изменчивости урожаев сельскохозяйственных культур, которая характеризуется величиной коэффициента вариации C_m , учитывающего колебания урожайности вследствие изменений погоды. Проведено районирование территории бывшего СССР по данному показателю.

Детальная работа по определению роли агротехнических и погодно-климатических условий в формировании урожайности культур на

территории Беларуси выполнена в конце 1990-х гг. В. И. Мельником на примере озимой ржи и ярового ячменя [5]. Автором рассчитаны показатели изменчивости урожайности культур по отдельным десятилетиям и средние их значения за весь исследуемый период; выявлены различия климатической составляющей динамики урожайности на уровне областей и районов.

На основании аналогичных методических подходов в предлагаемой работе исследована временная (1960–2003 гг.) изменчивость урожайности основных для Беларуси сельскохозяйственных культур: озимых ржи и пшеницы, ярового ячменя и овса, картофеля, сахарной свеклы, льна-долгунца, кукурузы на силос. Результаты оценки доли климата и уровня агротехники в колебании урожайности культур приведены в табл. 1, 2.

По сравнению с озимыми зерновыми культурами урожайность яровых зерновых в большей степени определяется погодно-климатическими условиями вегетационного периода (табл. 1). Различия показателя σ_m^2/σ^2 составляют от 0,02–0,07 (Гродненская и Брестская области) до 0,15–0,29 (Витебская область). Вклад климата в изменчивость урожайности яровых зерновых культур снижается до 26–28 % в Гродненской области и возрастает до 63–72 % в Витебской области. Аналогичная ситуация выявлена для озимых зерновых культур: доля климатических факторов варьирует от 23–24 % до 43–48 %. Небольшой вклад климата в общую дисперсию урожайности озимых пшеницы и ржи отмечен также в Брестской и Минской областях (28 %).

В целом для всех зерновых культур наблюдается увеличение роли климатической составляющей в изменчивости урожайности к северу до максимального значения и уменьшение к западу страны до минимума. Такие различия могут быть объяснены сложными орографическими и почвенными условиями в Витебской области, что затрудняет проведение агротехнических мероприятий и снижает их эффективность. Гродненская область характеризуется распространением почв с высоким бонитетом, хорошо развитой технологией земледелия.

Колебания урожайности картофеля и кукурузы на силос определяются погодно-климатическими условиями соответственно на 37–64 % и 33–71 %; минимальная доля отмечается в Гродненской области, максимальная – в Витебской

области (табл. 2). Для кукурузы на силос выявлено уменьшение показателя σ_m^2/σ^2 с севера на юго-восток, а также от центральной части страны к западу и востоку.

Таблица 1. Пространственная дифференциация показателей изменчивости урожайности зерновых культур на территории Беларуси

Область	Озимая пшеница		Озимая рожь		Яровой ячмень		Овес	
	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2
Брестская	0,72	0,28	0,73	0,27	0,66	0,34	0,68	0,32
Витебская	0,52	0,48	0,57	0,43	0,28	0,72	0,37	0,63
Гомельская	0,58	0,42	0,58	0,42	0,48	0,52	0,53	0,47
Гродненская	0,77	0,23	0,76	0,24	0,72	0,28	0,74	0,26
Минская	0,72	0,28	0,72	0,28	0,60	0,40	0,60	0,40
Могилевская	0,60	0,40	0,62	0,38	0,46	0,54	0,53	0,47
Беларусь	0,74	0,26	0,68	0,32	0,60	0,40	0,61	0,39

Примечание. σ_a^2/σ^2 и σ_m^2/σ^2 – соответственно доля агротехнических факторов и погодно-климатических условий в общей изменчивости урожайности культур.

Таблица 2. Пространственная дифференциация показателей изменчивости урожайности льна-долгунца и пропашных культур на территории Беларуси

Область	Картофель		Сахарная свекла		Лен-долгунец		Кукуруза на силос	
	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2	σ_a^2/σ^2	σ_m^2/σ^2
Брестская	0,51	0,49	0,55	0,45	0,64	0,36	0,49	0,51
Витебская	0,36	0,64	–	–	0,35	0,65	0,29	0,71
Гомельская	0,45	0,55	–	–	0,52	0,48	0,60	0,40
Гродненская	0,63	0,37	0,65	0,35	0,55	0,45	0,67	0,33
Минская	0,45	0,55	0,48	0,52	0,37	0,63	0,41	0,59
Могилевская	0,51	0,49	–	–	0,25	0,75	0,55	0,45
Беларусь	0,53	0,47	0,61	0,39	0,31	0,69	0,58	0,42

Среди областей выращивания сахарной свеклы наименьший вклад погодно-климатических условий в изменчивость ее урожайности характерен для Гродненской области (35 %), наибольший – для Минской области (52 %). Доля климатических факторов в общей дисперсии урожайности льна-долгунца варьирует от 36 % в Брестской области до 75 % в Могилевской области. Достаточно высокие ее значения наблюдаются в Витебской и Минской областях (63–65 %). Роль климата в изменчивости урожайности льна-долгунца снижается с севера на юго-запад и с востока на запад.

Таким образом, вклад погодно-климатических условий в колебание урожайности озимых и яровых зерновых культур, картофеля, кукурузы на силос увеличивается до максимального значения (43–72 %) в Витебской области и сводится к минимуму (23–37 %) в Гродненской области. Наибольшее различие показателя отмечено для яровых зерновых и кукурузы на силос (37–44 %) в северном и западном регионах Беларуси. Установлена высокая доля климатических факторов в общей дисперсии урожайности льна-долгунца в Могилевской области, а также в Ви-

тебской и Минской областях (63–75 %) и ее уменьшение в Брестской области почти в 2 раза.

Для сопоставления климатообусловленной изменчивости урожайности конкретной культуры по областям и различных культур в пределах одной области в работе использован относительный показатель – коэффициент вариации C_m . На основании рассчитанных для областей коэффициентов вариации урожайности, связанный с изменениями погодно-климатических условий, выявлены региональные особенности устойчивости урожаев культур к колебаниям климата. В. М. Пасовым [6] для яровых и озимых зерновых культур предложено выделять наиболее устойчивые урожаи ($C_m \leq 0,20$), умеренно устойчивые урожаи ($C_m = 0,21–0,29$), неустойчивые урожаи ($C_m \geq 0,30$). Относительно территории Беларуси, где величина C_m для различных культур колеблется от 0,15 до 0,45, данный подход детализирован и применен не только для зерновых культур, но и для картофеля, льна-долгунца, кукурузы на силос и сахарной свеклы [4].

Следует отметить, что на всей территории Беларуси в значительной степени устойчивые урожаи характерны для озимой пшеницы, карто-

феля, сахарной свеклы, во многих областях – для льна-долгунца, озимой ржи и яровых зерновых (табл. 3). Менее устойчивые к климатическим изменениям урожаи льна отмечены в Могилевской области, озимой ржи – в восточном и юго-восточном регионах страны, яровых зерно-

вых – также в Витебской области. Кукуруза на силос отличается недостаточно устойчивыми урожаями в Гродненской области и южных областях и в значительной степени неустойчивыми урожаями на остальной территории.

Таблица 3. Качественная характеристика устойчивости урожаев культур к колебаниям климата

Область	Озимая пшеница	Озимая рожь	Яровой ячмень	Овес	Картофель	Сахарная свекла	Лен-долгунец	Кукуруза на силос
Брестская	0,18	0,19	0,21	0,21	0,23	0,16	0,20	0,30
Витебская	0,21	0,21	0,26	0,27	0,21	–	0,21	0,45
Гомельская	0,21	0,25	0,25	0,25	0,24	–	0,23	0,30
Гродненская	0,16	0,19	0,18	0,21	0,18	0,15	0,21	0,26
Минская	0,16	0,19	0,21	0,20	0,21	0,20	0,23	0,38
Могилевская	0,22	0,25	0,26	0,26	0,21	–	0,26	0,36
Беларусь	0,16	0,20	0,21	0,21	0,19	0,15	0,20	0,30

Категории устойчивости урожаев
наиболее неустойчивые ($Cm \geq 0,40$)
неустойчивые ($Cm = 0,35–0,39$)
относительно неустойчивые ($Cm = 0,30–0,34$)
умеренно устойчивые ($Cm = 0,25–0,29$)
устойчивые ($Cm = 0,21–0,24$)
наиболее устойчивые ($Cm \leq 0,20$)

Проведенные исследования влияния различных факторов (погодно-климатических условий, бонитета почв, доз вносимых удобрений) на урожайность сельскохозяйственных культур и полученные результаты имеют не только теоретическое, но и практическое значение. Исходя из рассчитанной доли климатических и агротехнических условий в общей дисперсии урожайности основных для Беларуси культур, устойчивости урожаев к изменению климата разработаны предложения по оптимальному размещению на территории страны посевов озимой ржи, озимой пшеницы, ярового ячменя, овса, картофеля, сахарной свеклы, льна-долгунца, кукурузы на силос и зеленый корм. Для каждой области определены приоритетные направления развития полеводства.

В **Брестской области** установлено значительное преобладание вклада агротехнических факторов в изменчивость урожайности зерновых культур и льна-долгунца (64–73 %). Колебания урожайности пропашных культур примерно в одинаковой степени определяются климатическими факторами и уровнем агротехники. С точки зрения устойчивости урожаев к влиянию климата в юго-западном регионе Беларуси отмечены самые благоприятные условия для выращивания

озимых зерновых культур, сахарной свеклы, льна-долгунца, для которых установлены наиболее устойчивые урожаи. Для картофеля и яровых зерновых культур отмечаются устойчивые к колебаниям климата урожаи. Брестская область выделяется более благоприятными климатическими условиями для выращивания кукурузы на силос, хотя для этой культуры характерны относительно неустойчивые урожаи.

На основании количественной оценки влияния экстремальных погодно-климатических явлений на урожайность культур [2] в юго-западном регионе отмечены статистически значимые снижения средней урожайности картофеля в годы с избыточным или недостаточным увлажнением в июле, повторяемость которого составляет 36 %. Посевы культуры следует размещать на почвах, в меньшей степени подверженных иссушению или переувлажнению.

В **Витебской области** установлена наибольшая доля климатической составляющей в общей дисперсии урожайности яровых зерновых, картофеля, льна-долгунца и кукурузы на силос (63–72 %). Наблюдается незначительное преобладание вклада агротехнических факторов в изменчивость урожайности озимых зерновых культур; доля климата составляет 43–48 %. По срав-

нению с другими областями в Витебской области выявлена максимальная роль климата в варьировании урожайности всех культур, кроме льна-долгунца.

В северном регионе страны следует ориентироваться на выращивание льна-долгунца, озимых зерновых и картофеля; эти культуры характеризуются устойчивыми к изменению погодно-климатических условий урожаями. Умеренно устойчивые урожаи отмечены для яровых зерновых культур. Неблагоприятные агрометеорологические условия выступают ограничивающим фактором при выращивании в Витебской области кукурузы на силос и зеленый корм, урожаи которой наиболее неустойчивы к колебаниям климата. Более низкая средняя урожайность культуры выявлена для лет с засухой (повторяемость 30 %) и для лет с засушливыми явлениями или избыточным увлажнением в мае, июле (вероятность 41–48 %) [2, 3].

В *Гомельской и Могилевской* областях преобладает вклад агротехники в изменчивость урожайности большинства культур, особенно озимых зерновых, а в юго-восточном регионе – также кукурузы на силос (58–62 %). Несколько большая доля климата в общей дисперсии урожайности выявлена для ярового ячменя, в Гомельской области – и для картофеля (52–55 %). В восточной части страны климатические факторы в значительной степени (на 75 %) определяют варьирование урожайности льна-долгунца.

С точки зрения устойчивости урожаев культур к колебаниям климата в Гомельской и Могилевской областях отмечены наиболее благоприятные условия для выращивания картофеля, озимой пшеницы, в юго-восточном регионе – также льна-долгунца. Для этих культур характерны устойчивые к климатическим изменениям урожаи. Несколько меньшей устойчивостью отличаются урожаи озимой ржи, яровых зерновых культур, а в восточном регионе – и льна-долгунца. Гомельская область выделяется относительно неустойчивыми урожаями кукурузы на силос, а Могилевская область – неустойчивыми урожаями культуры.

В восточном и юго-восточном регионах установлена пониженная средняя урожайность картофеля в годы с заморозками в мае–сентябре, урожайность льна-долгунца – в годы с экстремальными условиями увлажнения в июне. Повторяемость этих неблагоприятных погодных явлений составляет соответственно 75–82 % и 32 %. Следует размещать посевы картофеля на возвышенных участках с минеральными почвами, где наблюдается меньшая частота заморозков, определять оптимальные сроки посадки с учетом дат самых ранних и поздних заморозков, а также ориентироваться на выращивание более устойчивых к данному явлению сортов. Под посевы льна-долгунца необходимо использовать

почвы с хорошими водно-воздушными свойствами, минимально подверженные засушливым явлениям и избыточному увлажнению.

Изменчивость урожайности культур в *Гродненской области* в большей степени определяется уровнем развития земледелия: зерновых культур – на 72–77 %, пропашных – на 63–67 %, льна-долгунца – на 55 %. По сравнению с другими регионами в западном регионе отмечаются более благоприятные условия для выращивания рассматриваемых культур. Урожаи озимых зерновых культур, ярового ячменя, картофеля и сахарной свеклы наиболее устойчивы к колебаниям климата. Для овса и льна-долгунца характерны устойчивые урожаи, для кукурузы на силос – умеренно устойчивые урожаи.

В Гродненской области установлено статистически значимое снижение средней урожайности сахарной свеклы и кукурузы на силос в годы с экстремальным увлажнением в мае (частота 18 %), урожайности картофеля и кукурузы – в годы с засушливыми явлениями или переувлажнением в июле (45 %). При размещении посевов данных культур необходимо учитывать вероятность таких погодно-климатических условий на различных типах почв.

Для *Минской области* установлена значительная доля агротехнического фактора в общей дисперсии урожайности озимых и яровых зерновых культур – соответственно 72 % и 60 %. Климатические условия в большей степени обусловливают колебания урожайности кукурузы на силос и льна-долгунца (на 59–63 %), а также картофеля и сахарной свеклы (на 52–55 %).

С точки зрения устойчивости урожаев к колебаниям климата в центральном регионе отмечены благоприятные условия для выращивания большинства культур. Для озимых зерновых, овса и сахарной свеклы наблюдаются наиболее устойчивые урожаи, для ярового ячменя, картофеля и льна-долгунца – устойчивые урожаи. При размещении посевов кукурузы на силос необходимо учитывать, что урожаи этой культуры неустойчивы к изменению климата. Снизить роль климатического фактора в варьировании урожайности кукурузы возможно за счет использования почв с высоким бонитетом.

В Минской области выявлена более низкая средняя урожайность картофеля в годы с заморозками с мая по сентябрь, повторяемость которых составляет 82 %. В годы с недостаточным или избыточным увлажнением в июле (частота 48 %) отмечено значимое снижение средней урожайности картофеля и кукурузы на силос. При выращивании картофеля и кукурузы необходимо учитывать вероятность возникновения указанных выше неблагоприятных метеорологических условий.

Таким образом, на всей территории Беларуси выявлены в различной степени устойчивые

урожаи озимых и яровых зерновых культур, картофеля, льна-долгунца, в Гродненской, Минской и Брестской областях – сахарной свеклы. Наиболее благоприятные условия для выращивания кукурузы на силос отмечены на западе Беларуси

(умеренно устойчивые урожаи) и в южных областях (относительно неустойчивые урожаи), наименее благоприятные – в Витебской области (наиболее неустойчивые урожаи).

Л и т е р а т у р а

1. **Бровка Ю. А.** Региональная агроэкологическая оценка неблагоприятных погодно-климатических условий на территории Беларуси: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 2007.
2. **Дмитренкова Ю. А.** Влияние экстремальных погодно-климатических условий на продуктивность сельскохозяйственных культур // Природные ресурсы. 2006. № 2. С. 5–9.
3. **Дмитренкова Ю. А.** Временные и региональные особенности распределения экстремальных погодно-климатических явлений (засух, заморозков) на территории Беларуси // Природопользование. 2007. Вып. 13. С. 48–52.
4. **Дмитренкова Ю. А.** ТERRиториальные особенности роли климата в варьировании урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. 2005. № 5. С. 85–87.
5. **Мельник В. И.** Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук Мн., 2004.
6. **Пасов В. М.** Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л., 1986.
7. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии. Нечерноземная зона Европейской части РСФСР / Под ред. И. Г. Грингофа; сост.: А. П. Федосеев, В. М. Пасов. Л., 1986.

Ю. А. Бровка

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Выполнена региональная оценка роли погодно-климатических условий в изменчивости урожайности основных зерновых, технических, кормовых культур и картофеля, основанная на анализе временных рядов урожайности за 1960–2003 гг.

Установлено увеличение вклада климата в общую дисперсию урожайности сельскохозяйственных культур до максимального значения (43–72 %) в Витебской области и уменьшение до минимума (23–37 %) в Гродненской области. Выявлена высокая доля климатических условий в изменчивости урожайности льна-долгунца в Могилевской, Витебской и Минской областях (63–75 %) и ее снижение к юго-западу и западу страны.

Исходя из устойчивости урожаев к колебаниям климата на всей территории Беларуси наблюдаются благоприятные условия для выращивания озимых и яровых зерновых культур, картофеля, льна-долгунца, в отдельных областях – сахарной свеклы. Относительно благоприятные условия для возделывания кукурузы на силос отмечаются в Гродненской области и в южных областях.

Y. A. Brovka

PROPOSALS TO OPTIMIZE REGIONAL FARMING CROPS SOWING DISTRIBUTION

A regional assessment of weather-climatic conditions role in variability of main cereal, fodder, technical crops and potato yield on the basis of the analysis of time series of the yield for 1960-2003 has been performed.

An increase of climate role in general yield dispersion of farming crops till maximum value (43–72 %) in Vitebsk region and fall till minimum (23–37 %) in Grodno region has been found. High share of climatic conditions in the variability of flax yield in Mogilyov, Vitebsk and Minsk regions (63–75 %) and its reduction to the south-west and west of the state has been revealed.

Basing on the resistance of yields to climate oscillations, favorable conditions are observed on all Belarus territory for winter and spring cereal crops, potato, flax, and in some other regions sugar beet cultivation. Relatively good conditions to grow silage corn are marked in Grodno regions and southern ones.

В. А. Ракович

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ФИТОМАССЫ В ТОРФ НА БОЛОТАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Выполнена количественная оценка (в процентах) трансформации болотной фитомассы в торф, рассчитанная по среднему ежегодному приросту растительной биомассы и торфяной залежи, определенной радиоуглеродным методом по ^{14}C .

Известно, что на болотах уровни грунтовых вод колеблются в зависимости от сезонов года и погодных условий, однако в каждой торфяной залежи существует линия, ниже которой уровень воды никогда не опускается. По современным представлениям [2, 16] этой линией неосушенная торфяная залежь делится на две принципиально различные зоны: верхнюю, биологически деятельную, и нижнюю, биологически инертную.

В неосушенной торфяной залежи зона биогенного круговорота веществ находится в верхней ее части. Эта зона содержит живые корневые системы и населена аэробными микроорганизмами. Содержание влаги в ней переменчиво, кислород проникает в поры торфяной почвы. Здесь интенсивно развиваются биологические и биогеохимические процессы накопления, минерализации и гумификации органического вещества. Эта зона получила название торфогенного слоя, в котором происходит процесс формирования торфа из отмерших растений. Образование биомассы болотных растений происходит в зоне биогенного круговорота в процессе фотосинтеза. Минерализация и гумификация отмершего органического вещества также осуществляются в зоне биогенного круговорота. При этом до 96 % исходной биомассы минерализуется, и лишь сравнительно небольшая часть ее сохраняется в виде гумифицированного вещества – торфа. При глубине торфогенного слоя от 20 до 50 см продолжительность пребывания отмерших торфообразователей в нем может составить от 400 до 1000 и более лет.

Ниже линии постоянного уровня грунтовых вод находится бывшая торфяная почва, почти лишенная живых организмов вследствие анаэробиоза и превратившаяся в органогенную горную породу. Здесь постоянно высокое содержание влаги, поры торфа заполнены водой и не насыщаются кислородом, поэтому нет живых корней и аэробных микроорганизмов. Это зона консервации торфа с господством геологических процессов над биологическими.

По мере нарастания торфяных залежей новые слои торфа переходят из торфогенного слоя в нижележащие, а вместе с ними осуществля-

ется переход химических элементов из биогенного круговорота в геологический.

В болотных биогеоценозах из биогенного круговорота в геологический выводится часть углерода, поглощаемого из атмосферы в процессе фотосинтеза, так как ежегодный цикл углерода в болотных биогеоценозах не замкнут. Именно благодаря незамкнутости циклов общее количество углерода законсервировано на Земле в виде ископаемых органических веществ – торфа, сапропеля, угля, нефти, сланцев и др.

Межкруговоротная функция болот тесно связана с их аккумулятивной и газорегуляторной функциями, поскольку главным циркулирующим элементом болотных биогеоценозов является углерод, многократно переходящий из газообразных соединений (диоксид углерода, метан) в твердые органические вещества растительных тканей и обратно.

Таким образом, выполнение болотами межкруговоротной функции обусловлено незамкнутостью годичных биоциклов углерода в болотной среде, благодаря чему ежегодно продуцируемое органическое вещество полностью не разлагается и постепенно погребается последующими отложениями.

По данным работ [3, 11], полученным путем постановки балансовых опытов, в белорусских болотах ежегодно в торф превращается от 5 до 15 % биомассы, произведенной болотными растениями, в то время как в разных регионах Европы эта величина варьирует от 4 до 52 % [8–10, 14, 22]. Это означает, что не весь углерод, выведенный болотными растениями из атмосферы в процессе фотосинтеза, возвращается обратно в атмосферу. Часть оставшегося углерода в результате неполной минерализации аккумулируется в виде торфа.

Образование торфа из единицы исходной органической массы растений-торфообразователей можно определить как отношение накопленного в торфе вещества к величине годичного прироста фитомассы.

В табл. 1 по литературным источникам обобщена величина годичного прироста наземной фитомассы болот Беларуси.

В. А. Ракович, Г. И. Симакова

ГЕНЕЗИС БОЛОТА ВЕЛИКИЙ ЛЕС И АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ

Изучен генезис, оценена интенсивность аккумуляции углерода и азота в торфяном болоте Великий Лес и установлено, что наиболее интенсивное накопление этих элементов в торфяной залежи происходило в суббореальный период голоцен.

Согласно физико-географическому районированию территории расположения торфяного месторождения Великий Лес относится к Брестскому Полесью. Оно находится в Кобринском и Дрогичинском районах Брестской области, в 16 км на юго-восток от г. Кобрин и вытянуто с запада на восток на 34 км, а с севера на юг на 14,2 км (рис. 1). Кадастровый номер 249, площадь в границах нулевой залежи – 40 062 га, средняя мощность торфа – 1,00 м, максимальная – 5,6 м, промышленные запасы торфа составляют 248 470 тыс. м³, или 47 299 тыс. т 40 %-ной условной влажности. Средняя степень разложения – 41 %, средняя зольность – 16,8 %. Торфяная залежь низинного типа. Сапропелевые отложения, подстилающие торфяную залежь,

встречаются в южной части массива у д. Повитъе, к северу от озер Любань и Залевичи и на западной окраине болота. Мощность их составляет до 3 м.

Климат теплый, умеренно влажный. Здесь самая короткая в Беларуси зима (104–105 дней). Средняя температура января составляет -4,3 °С. Безморозный период наиболее продолжительный (до 170 дней), устойчивый снежный покров лежит недолго; часто не устанавливается совсем. Средняя температура июля 18–19 °С. Годовая сумма осадков составляет 500–630 мм, из них 350–450 мм выпадает в теплый период. Коэффициент увлажнения 0,8 (количество осадков меньше испаряющейся влаги на 70–90 мм). Вегетационный период составляет 200–205 дней.

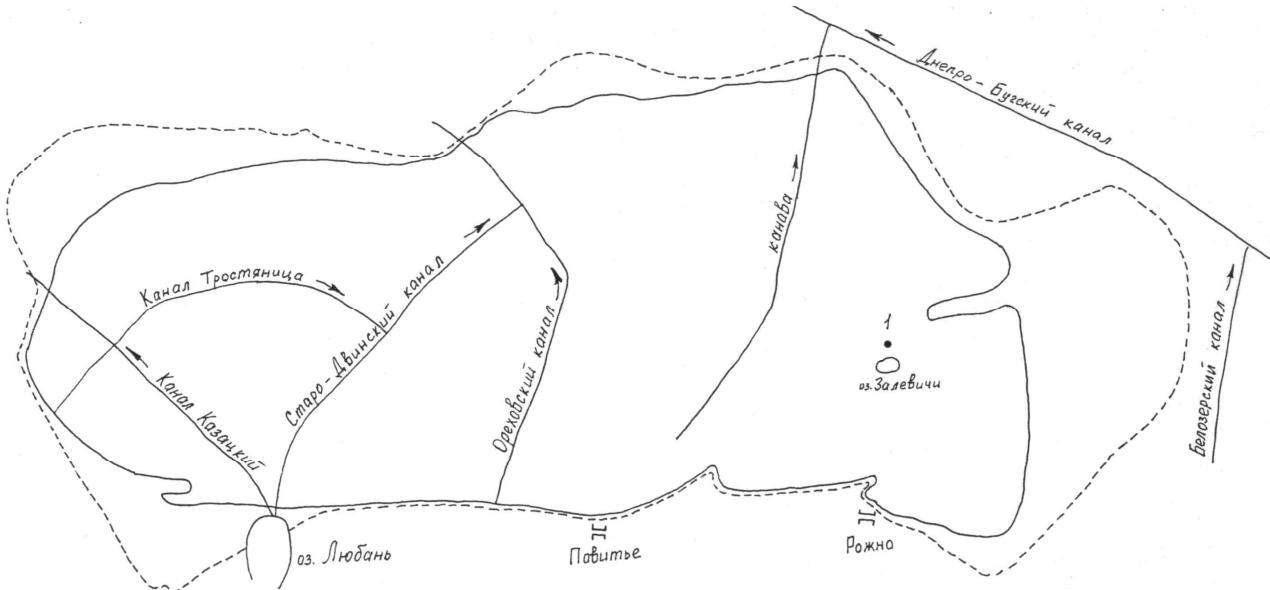


Рис. 1. План-схема торфяного болота Великий Лес; 1 – пункт отбора проб

В геоморфологическом отношении болото Великий Лес является частью обширной Полесской низменности, представляющей собой плоскую низину, сложенную сверху флювиогляциальными и древнеаллювиальными отложениями. Моренные отложения сильно размыты и выступают на поверхности в виде плосковыпуклых островов или небольших гряд среди болот и молодых речных террас. Основные формы релье-

фа образовались в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности ледника и послеледниковых процессов.

Водосборная площадь болота Великий Лес представляет собой равнину, которая характеризуется пологоволнистым рельефом, усложненным низинами и западинами, а также холмами и дюнами различной конфигурации.

Торфяное месторождение Великий Лес является целостной системой очень сложной конфигурации. Поверхность болота ровная с небольшим уклоном с юга на север в сторону Днепровско-Бугского канала.

Растительность болота состоит из незначительных древесных ассоциаций с участием берески, ольхи клейкой и ивы. Хорошо развит травяной ярус, представленный осоками, хвощем, сабельником, вахтой; единично встречаются тростник, рогоз, папоротник. На болоте много суходольных островов, где произрастает лиственный лес с участием берески, дуба, ясеня, клена, а также кустарники орешника, ивы и др. Высота древесной растительности колеблется от 15 до 25 м, диаметр 0,3–0,6 м, полнота от 0,4 до 0,8 %.

Микрорельеф кочковатый, представлен осоковыми кочками. Высота кочек от 0,2 до 0,5 м, диаметр 0,2–0,4 м, полнота покрытия 20–70 %. Превышение поверхности островов над торфянной залежью составляет 1,0–1,4 м. Некоторые из островов используются для возделывания сельскохозяйственных культур или в качестве сенокосов.

Прилегающие к болоту Великий Лес суходолы с северной и западной сторон имеют незначительный уклон в сторону болота и используются как пахотные угодья, частично покрыты лесом. Суходолы с южной и восточной сторон слегка возвышаются над окрайками болота, используются под пашню.

Водное питание болота происходит за счет стока поверхностных вод с окружающих суходолов, частично за счет атмосферных осадков и грунтово-напорных вод. Следует отметить, что роль атмосферных осадков в развитии болотообразовательного процесса отступает на второй план, так как испарение влаги превышает ее поступление из атмосферы.

Водоприемником болота Великий Лес является Днепровско-Бугский канал, проходящий вдоль северной стороны массива. Русло канала чистое, шириной до 40 м, дно песчаное, берега открытые, обрывистые, течение медленное. Чрез центральную часть болота с юга на север протекает Ореховский канал, берущий начало из оз. Ореховец. Он является водополняющим каналом, регулирующим подачу воды из оз. Ореховец в Днепровско-Бугский канал. Русло канала чистое, дно песчаное, глубина на перекатах 0,3 м, в остальных местах 0,9–1,1 м, ширина 15 м.

С восточной стороны болота на расстоянии 120 м проходит Белозерский канал, который берет свое начало из оз. Белое. Русло канала чистое, берега минеральные. Ширина канала 30 м, глубина 1,0 м, дно песчаное. Он регулирует подачу воды из озера в Днепровско-Бугский канал.

У юго-западного края болота расположено оз. Любань. Из него берет начало Казацкий ка-

нал, проходящий по западной части болота и пересекающий канал Тростяница. Канал Тростяница имеет ширину по верху до 4 м, глубину 0,5–0,6 м, дно заросшее, берега обрушены. Находится в нерабочем состоянии. Впадает в Старо-Дивинский канал.

Старо-Дивинский канал берет свое начало из оз. Любань, пересекает болото с юго-запада на северо-восток и впадает в Ореховский канал. Старо-Дивинский канал сильно деформирован, ширина по верху 5–6 м, берега торфяные, глубина 0,6 м, течение незаметное.

С юго-запада на северо-восток, пересекая центральную часть болота, проходит Повитьевская канава, которая впадает в Днепровско-Бугский канал. Канава прорыта с мелиоративной целью. В настоящее время в связи с сильной деформацией бездействует.

Во время весенних паводковых вод болото заливается с южной стороны поверхностно-сточными водами, а также водами вышеописанных каналов, в связи с чем с середины марта до конца мая оно покрыто водой (до 0,6 м).

Торфяное месторождение Великий Лес относится к области крупных низинных болот Полесских ландшафтов, где в больших по размерам, но неглубоких впадинах, выстланных флювиогляциальными песками, благодаря близости и обилию грунтовых вод, началось интенсивное заболачивание территории.

Заболачивание и торфонакопление первоначально коснулись наиболее углубленных депрессий, где отложился слой сапропеля, залегающий между торфянной залежью и подстилающими минеральными грунтами. В последующем эти небольшие озера стали зарастать гипновыми мхами, образуя гипновые топи, с отложением небольшой по мощности прослойки гипнового торфа, который далее был перекрыт 0,5-метровой толщей тростникового торфа, а еще выше – тростниково-осоковым торфом со степенью разложения 35 %.

В других случаях наиболее углубленные депрессии заполнялись гипновыми мхами с участием таких видов зеленых мхов, как *Drepanocladus vernicosus*, *Scorpidium Scorpioides* и др. Этот период на болоте Великий Лес продолжался недолго; здесь отложился слой гипнового торфа мощностью не более 0,5 м. В последующем в некоторых местах отложился мощный (до 3,5 м и более) слой тростникового торфа со степенью разложения 40–45 %.

Позже началось заболачивание всей основной территории, и болото разрослось до современных размеров, заняв площадь в 40 тыс. га. Образование торфянной залежи происходило за счет отложения (почти во всех случаях) тростникового торфа, который перекрывался осоковым, иногда тростниково-осоковым мощностью до 0,5 м. Изредка у дна откладывался тростнико-

во-осоковый торф, перекрытый сверху осоковым со степенью разложения 20–25 %.

Основные показатели качественной характеристики торфа – вид и степень разложения (по данным лабораторных анализов образцов, отобранных в полевых условиях) приведены в табл. 1. Образцы торфа отбирались в 3 км на северо-восток от д. Рожное, 300 м севернее оз. Залевичи.

Таблица 1. Качественная характеристика торфа болота Великий Лес

№ пробы	Глубина, м	Степень разложения торфа, %	Вид торфа
34	0-0,1	20	Тростниково-осоковый
35	0,1-0,2	30	Тростниково-осоковый
36	0,2-0,3	20	Тростниково-осоковый
37	0,3-0,4	30	Тростниково-осоковый
38	0,4-0,5	30-35	Тростниково-осоковый
39	0,5-0,6	30-35	Тростниково-осоковый
40	0,6-0,7	30	Тростниковый
41	0,8-0,9	30	Тростниковый
42	0,9-1,0	30	Тростниковый
43	1,0-1,1	30	Тростниковый
44	1,1-1,2	35	Тростниковый, зазолен
45	1,2-1,3	25-30	Тростниковый, зазолен
46	1,3-1,4	30	Тростниковый, зазолен

Таким образом, строение торфяных залежей болота Великий Лес типично для болот Полесья и представлено двумя стратиграфическими схемами. Для одной схемы характерно наличие в наиболее углубленных местах минерального дна сапропелевых отложений или гипнового торфа. На них почти повсеместно залегает тростниковый торф, перекрытый иногда тростниково-осоковым. Вторая схема отличается залеганием в нижней части торфяной залежи тростникового торфа, изредка тростниково-осокового, перекрытого сверху осоковым торфом.

Согласно «Схеме рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года» часть площадей торфяного месторождения Великий Лес распределена следующим образом:

С-з «Днепробугский» – 5100 га, дренаж, пашня, пастбище, сенокос.

С-з «Ореховский» – 2982 га, находится в стадии мелиоративного строительства.

Т/уч-к «Ореховский» – 21 га, выработан.

Т/уч-к «Повить» – 52 га, выработан, передан под сенокос.

К-з «Новая жизнь» – 1256 га, осушено открытой сетью 138 га, в естественном состоянии 1118 га.

К-з им. Кирова – 806 га, в естественном состоянии 606 га.

К-з им. Кутузова – 256 га, осушено открытой сетью 118 га, в естественном состоянии 138 га.

ГЗФ (Госземфонд) – 437 га, в естественном состоянии.

ГЛФ (Гослесфонд) – 1339 га, в естественном состоянии.

Т/уч-к «Днепробугский» – 94 га, выработан под сенокос.

В настоящее время главными угрожающими для функционирования болота Великий Лес факторами в естественном режиме являются пожары, которые многократно участились после осушения торфяного массива. Они происходят, как правило, по неосторожности людей во время сбора ягод и охоты и в периоды весенних палов. В конечном итоге это приводит к замене осоковых фитоценозов тростниково-ивовыми.

Для восстановления истории развития растительности, проведения палеогеографических реконструкций, определения прироста торфяной залежи в естественной части болотного массива Великий Лес была заложена скважина на спорово-пыльцевой анализ и определение абсолютного возраста.

Определения абсолютного и относительного возраста выполнены в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси.

Образцы торфа на абсолютный возраст отобраны с максимальной глубины на границе перехода между торфом и подстилающей породой. Это позволило датировать начало процессов торфообразования. Послойный спорово-пыльцевой анализ позволил проследить историю развития растительного покрова и темпы торфонакопления по отдельным периодам голоцена.

Абсолютный возраст образцов определен радиоуглеродным методом, путем счета β -активности ^{14}C в бензоле, синтезируемом из углеродсодержащих образцов. Счет β -активности произведен на β -счетчике в течение 10 часов для каждого образца. Данные датировки представлены в табл. 2.

Таблица 2. Абсолютный возраст образца торфа болота Великий Лес, определенный радиоуглеродным методом

Номер	Образец	Глубина, м	Расчетный возраст, лет
IGSN-819	№ 47, торф	130–140	4400±170

Определение относительного возраста и выделение хронологических уровней было 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], Верхи [2], Озерное-1а [4], оз. Малишевское [5]. Кроме того, была использована региональная стратиграфическая схема развития рас-

тительности в позднеледниковые и голоцене юга Беларуси, составленная В. П. Зерницкой [3].

На пыльцевой диаграмме болотных отложений скважины 1 (рис. 2) торфяного массива Великий Лес выделено шесть локальных пыльцевых зон (LPAZ).

Зона *Pinus-Betula-Corylus* (1,18–1,40 м) соответствует начальной фазе суб boreального периода (SB-1, 5000–4200 лет назад). Отложения этой зоны на глубине 1,20–1,40 м датированы по радиоуглероду и имеют возраст 4400 ± 170 лет (IGSB-819). В общем составе спектров этой зоны, как и по всему разрезу, преобладает пыльца древесных пород, среди которой преобладает *Pinus* (60 %), велико содержание *Betula* (20 %). Среди широколиственных пород доминируют пыльцевые зерна *Ulmus*, берет начало рациональная кривая *Tilia*, из широколиственных пород содержатся также микрофоссилии *Quercus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Acer*. Значительно содержание *Corylus*, начинается эмпирическая кривая *Carpinus*. На диаграмме разреза Озерное-1а в отложениях начальной фазы суб boreального периода начинается рациональная кривая *Picea*, увеличивается количество пыльцевых зерен *Pinus*, что согласуется с нашими данными. В осадках болота Верхи начало суб boreала характеризуется присутствием пыльцы ели, более высокими значениями *Pinus*, *Betula* и датировано возрастом 4120 ± 100 лет (Vs-425). В группе травянистой растительности отмечены представители лугового разнотравья, среди которых преобладает *Poaceae*, встречаются также *Asteraceae*, *Cichoriaceae*. Появляется пыльца культурных злаков *Triticum*. Присутствуют микрофоссилии водно-болотных растений *Cyperaceae*, *Typha latifolia*, *Nymphaea*, *Sparganium*. В отложениях этой зоны самое высокое для всего разреза содержание водорослей *Pediastrum*. Споровые представлены в основном спорами *Polypodiaceae*.

Зона *Pinus-Picea* (0,93–1,18 м) согласуется со средней фазой суб boreального периода (SB-2, 4200–3200 лет назад). Отличительная черта этой зоны – появление пыльцы *Picea*, снижение процентного содержания пыльцы *Betula* и *Corylus*. В данной зоне берет начало рациональная кривая *Salix*, присутствуют споры *Fraxinus*, *Populus*. В группе трав по-прежнему преобладает пыльца *Poaceae*, появляются единичные зерна *Cannabis*. По сравнению с предыдущей зоной увеличивается доля пыльцы водно-болотных растений и споровых.

Зона *Betula-Quercus-Alnus* (0,78–0,93 м) соотносится с заключительной фазой суб boreального периода (SB-3, 3200–2700 лет назад). Она отличается увеличением доли *Picea*, минимальным количеством пыльцы *Pinus* (40–50 %), максимальным содержанием для всего разреза

пыльцы термофильных пород, таких как *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Populus*. На этот интервал приходится верхний максимум пыльцы *Corylus*, начинается рациональная кривая *Carpinus*. В разрезе оз. Малишевское радиоуглеродной дате 3340 ± 120 лет назад соответствует пыльцевая зона, характеризующаяся возрастанием роли *Picea*, *Carpinus*. Начало увеличения процентного содержания *Picea* датировано 3090 ± 110 лет назад (Vs-368) – разрез Чернихово и 3190 ± 86 лет назад (Vs-426) – разрез Верхи. В группе трав падает процент пыльцы лугового разнотравья, однако по-прежнему велика доля водных растений. В составе пыльцевых спектров резко снижается количество спор, прежде всего *Polypodiaceae* и водорослей *Pediastrum*.

Зона NAP-*Picea-Carpinus* (0,55–0,78 м) приходится на начальную фазу субатлантического периода (SA-1, 2700–2000 лет назад). Она установлена по подъему кривой *Pinus* (максимум для всего разреза – до 90 %), *Picea*, *Fagus*, *Carpinus*. Отмечается тенденция к резкому сокращению пыльцы *Q.m.* и *Corylus*. В этом интервале увеличивается процентное содержание пыльцевых зерен трав за счет подъема кривой дикорастущих злаков *Poaceae*, а также ксерофитов. В отложениях описываемой пыльцевой зоны содержится также пыльца культурных злаков *Cerealia*, которую вследствие плохой сохранности дифференцировать не удалось. Возрастает содержание спор (*Polypodiaceae*, *Bryales*, *Equisetum*).

Зона *Pinus-Quercus-Fagus* (0,33–0,55 м) соответствует средней фазе субатлантического периода (SA-2, 2000–1000 лет назад) и выделена по высокому содержанию пыльцы *Pinus*, падению кривой *Picea* за счет подъема кривых *Salix*, *Quercus*, *Fagus*. В отложениях указанного интервала в небольшом количестве присутствуют пыльцевые зерна *Abies*. Пыльцу трав слагают ксерофиты и представители лугового разнотравья. Берет начало рациональная кривая *Triticum*. Из состава пыльцевых спектров выпадает пыльца водных растений и отсутствуют водоросли *Pediastrum*. В этом интервале самое низкое процентное содержание споровых растений.

Зона *Picea-Betula-Carpinus* (0–0,33 м) относится к заключительной фазе субатлантического периода (SA-3, 1000–0 лет назад). Данная зона характеризуется вторым верхним максимумом *Piceae*, ростом процентного содержания *Betula*, *Carpinus*, *Salix*, *Fraxinus*, *Quercus* за счет падения *Pinus*. Группа травянистых растений представлена ксерофитами, представителями лугового разнотравья и водно-болотными растениями. Увеличивается процентное содержание спор, среди которых доминируют споры *Bryales*.

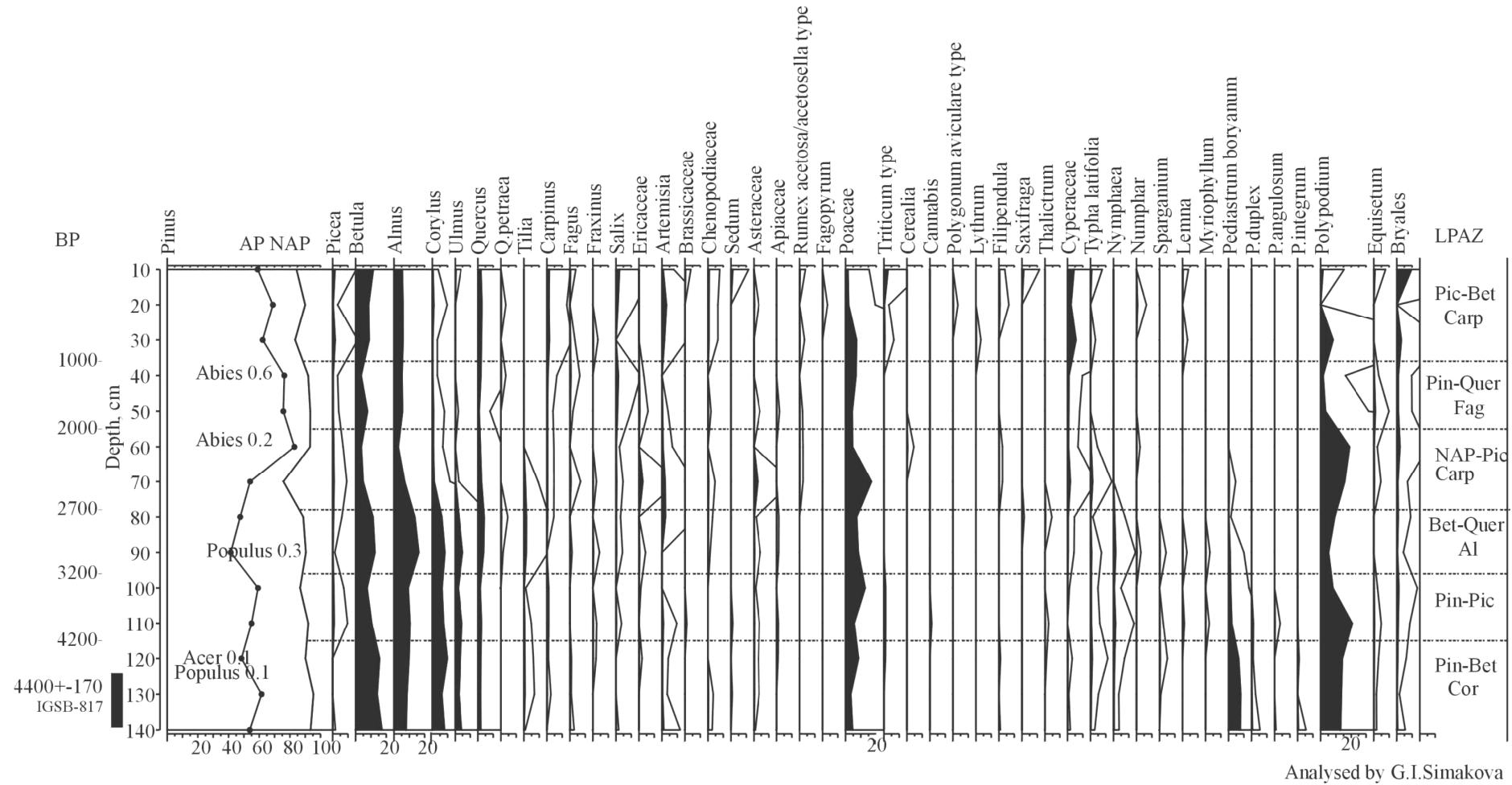


Рис. 2. Пыльцевая диаграмма торфяных отложений скважины болота Великий Лес

Исходя из состава спорово-пыльцевых спектров и характера осадков аккумуляция торфа на болотном массиве Великий Лес началась в суб boreальный период. В этот период на территории болотного массива, а также на прилегающих участках произрастали березово-сосновые, дубово-елово-сосновые с липой леса. В подлеске росли ольха и орешник. Надземный покров образовывали представители лугового разнотравья (Asteraceae, Apiaceae, *Ranunculus*, *Filipendula* и др.), папоротники, зеленые мхи. В суб boreальный период поверхность торфяного массива была значительно обводнена, о чем свидетельствуют многочисленные водные растения *Typha latifolia* L., *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Lemna*, а также водоросли *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*, *P. integrum*, *P. angulosum*. Присутствие *Myriophyllum* свидетельствует о том, что глубина воды иногда достигала 3 м. На территории исследуемого района произрасталиrudеральные сообщества, указывающие на существование поселений древнего человека. На высоких, менее обводненных участках торфяного массива, вероятно, возделывали пшеницу и коноплю. Посевы засоряли представители семейства Brassicaceae.

В субатлантический период торфяной массив и прилегающие участки покрывали березово-сосновые, грабово-дубово-еловые с буком леса, в подлеске с орешником. По увлажненным местам произрастала ольха и ива, из споровых были распространены папоротники, хвощи, сфагновые

и зеленые мхи. В этот период обводненность торфяного массива уменьшилась по сравнению с суб boreальным периодом. Присутствие водно-болотных растений и спор значительно сократилось, особенно в середине субатлантического времени. Из водных растений на данном этапе произрастали только *Typha latifolia* L., *Lemna*. В течение последнего периода голоцена возросло антропогенное воздействие на растительный покров. Влияние человека, а также климатические изменения привели к дальнейшей перестройке структуры растительности исследуемого района. В лесных сообществах этого времени снижается роль орешника и ольхи, а также таких широколиственных пород, как вяз и липа. Зато увеличиваются участки открытых пространств,rudеральных местообитаний которые образовывают *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Sedum*, косвенно указывающих на возрастающую численность населения. В этот временной интервал в наземном покрове увеличилась доля пашенных сорняков (*Fagopyrum*, *Brassicaceae*), культурных злаков (*Cerealia*, *Triticum*), а также индикаторов пастбищных земель (*Silenaceae*, *Rumex acetosa/acetosella*) и влажных луговых пространств (*Lythrum*, *Filipendula*, *Epilobium*, *Thalictrum*, *Ranunculus*, *Valeriana*), свидетельствующих о расширении площади пашни и пастбищных земель.

Скорость накопления азота и углерода в залежи торфяного месторождения Великий Лес представлена в табл. 3.

Таблица 3. Ежегодное накопление N_{opr} и C_{opr} низинными болотами Западного Полесья (на примере торфяного болота Великий Лес)

Периоды голоцена	Ежегодный прирост торфяного слоя, мм	Ежегодное накопление отложений N_{opr} , г/м ²	Ежегодное накопление отложений C_{opr} , г/м ²	Количество CO_2 , эквивалентное запасу C_{opr} , г/м ² в год
Субатлантический (2700 лет тому назад – наст. время)	0,29	0,8	16,1	59,1
Суб boreальный (5000–2700 лет тому назад)	0,33	0,9	18,3	67,2
Среднее	0,31	0,85	17,2	63,2
Среднее по абсолютному возрасту	0,3	0,8	16,7	61,2

На основании полученных данных можно сделать следующее заключение о генезисе и развитии торфяного болота Великий Лес.

Болото является характерным для западной части обширной Полесской низменности, представляющей собой плоскую низину с минеральными островами. Около 4,5 тыс. лет назад на этой территории начались процессы болотообразования.

Ежегодный прирост торфяного слоя болота Великий Лес составил в различные периоды голоцена 0,29–0,33 мм. Исходя из абсолютного возраста (4400±170 лет) среднегодовые темпы прироста составили около 0,3 мм. Сравнительно низкие темпы накопления торфа здесь объясняются повышенной аэрацией торфяной залежи в

связи с тем, что бугристый рельеф с песчаными грунтами способствует хорошему дренажу торфяной залежи, насыщению ее кислородом и, в свою очередь, процессам минерализации органического вещества.

Уменьшение прироста торфа в заключительную фазу субатлантического периода по сравнению с суб boreальным ($SA/SB = 0,88$) объясняется уменьшением обводненности торфяника и возросшим антропогенным воздействием на него, особенно за последнее столетие, что видно из пыльцевой диаграммы.

Данные табл. 3 показывают, что наиболее интенсивное накопление углерода и азота происходило в суб boreальный период. Ежегодное накопление органического углерода в торфяной за-

лежи в субатлантический период (наиболее близкий нам по климату) составило $16,1 \text{ г}/\text{м}^2$, азота – $0,8 \text{ г}/\text{м}^2$. Соответственно ежегодный балансовый сток CO_2 в пересчете с углеродом в болотную экосистему составил $59,1 \text{ г}/\text{м}^2$. При этом

на каждый килограмм связанной двуокиси углерода в атмосферу выделяется 727 г кислорода. Поэтому неосущенное болото не только выводит из атмосферы углекислый газ, но и обогащает ее кислородом.

Л и т е р а т у р а

1. Зерницкая В. П. Развитие растительности западной части Копыльской гряды в позднеледниково и голоцене // Географические аспекты рационального природопользования. Мин., 1985. С. 110–116.
2. Зерницкая В. П. Палеогеография Белорусского Полесья в позднеледниковое и голоцене: Автoref. дис. ... канд. геогр. наук. Мин., 1991.
3. Зерницкая В. П. Стадии формирования растительных зон Беларуси // Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории Земли: Тез. докл. Междунар. симпоз. Петрозаводск, 1998. С. 36.
4. Крывальцэвіч М. М. Азярное 1 – паселішча эпохі бронзы на поўначы Палесся. Мин., 1999.
5. Balwierz Z., Żurek S. Type region P-n: Masovia and Podlasie Lowlands, NE part: Podlasie Lowland // Acta palaeobotanica . Т. 29(2). 1989. Р. 65–68.

V. A. Rakovich, G. I. Simakova

ГЕНЕЗИС БОЛОТА ВЕЛИКИЙ ЛЕС И АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ

Торфяное болото Великий Лес является характерным для западной части обширной Полесской низменности, представляющей собой плоскую низину с минеральными островами. В суб boreальный период голоцена, около 4,5 тыс. лет назад, на этой территории начались процессы болотообразования.

Исходя из абсолютного возраста (4400 ± 170 лет) среднегодовые темпы прироста торфяного слоя в болоте составили около 0,3 мм. Сравнительно низкие темпы накопления торфа здесь объясняются повышенной аэрацией торфяной залежи в связи с тем, что бугристый рельеф с песчаными грунтами способствует хорошему дренажу торфяной залежи, насыщению ее кислородом и, в свою очередь, процессам минерализации органического вещества.

Установлено, что наиболее интенсивное накопление углерода и азота в торфяном болоте Великий Лес происходило в суб boreальный период. Ежегодный прирост торфяного слоя болота составил в различные периоды голоцена 0,29–0,33 мм. Ежегодное накопление органического углерода в торфяной залежи в субатлантический период (наиболее близкий нам по климату) составило $16,1 \text{ г}/\text{м}^2$, азота – $0,8 \text{ г}/\text{м}^2$. Соответственно ежегодный балансовый сток диоксида углерода в болотную экосистему составил $59,1 \text{ г}/\text{м}^2$.

V. A. Rakovich, G. I. Simakova

GENESIS AND EVALUATION OF CARBON AND NITROGEN RATE ACCUMULATION IN PEAT DEPOSIT OF PEAT SITE VELIKIY LES

The genesis and carbon and nitrogen accumulation in Velikiy Les peat mire has been shown. It was found that most intensive carbon and nitrogen accumulation occurs in sub-boreal Holocene period.

The Velikiy Les mire is specific for western part of vast Polessye lowland, presenting a flat low-lying area of mineral islands. About 4,5 thousand years ago the processes of bog formation started in this territory.

Assuming an absolute age (4400 ± 170 years) average annual tempos of growth of peat layer in the mire is about 0,3 mm. Comparatively low peat accumulation tempos here may be explained by an enhanced aeration of peat deposit due to the fact that a hill relief with sandy grounds results in good peat deposit drainage, its saturation with oxygen, that promotes to organic matter mineralization processes.

Most intensive carbon and nitrogen accumulation process in Velikiy Les peat mire occurred during sub-boreal period. Annual growth of the mire peat layer comprised in various Holocene periods 0,29–0,33 mm. Annual organic carbon accumulation of the peat deposit in sub-Atlantic period (most matching climate for us) comprised $16,1$, nitrogen – $0,8 \text{ g}/\text{m}^2$. Accordingly annual balance sink of carbon dioxide into the mire ecosystem comprised $59,1 \text{ g}/\text{m}^2$. Therefore, for every kilogram of bound carbon dioxide 727 g of oxygen is produced into the atmosphere. That's why a non-drained mire not only removes carbon dioxide from the atmosphere but also saturates it with oxygen.

Таблица 1. Величина годичного прироста наземной фитомассы болот Беларуси

Фитоценоз, ассоциация	Величина годичного прироста наземной фитомассы, т/га	Литературный источник
<i>Полесье</i>		
Пушицево-сфагновая	1,7–2,5	Л. П. Смоляк, Н. Н. Рубан [17]
Сосново-пушицево-сфагновая	3,1–8,1	Л. П. Смоляк, Н. Н. Рубан [17]
Сосняк пушицево-сфагновый	3,1–4,5	А. В. Бойко и др. [6]
Омскоосоковая	3,8	Л. П. Смоляк, Н. Н. Рубан [17]
Омскоосоково-каллиергонелевая	4,5	Л. П. Смоляк, Н. Н. Рубан [17]
Ольхово-ивняково-разнотравная	7,0	Л. П. Смоляк, Н. Н. Рубан [17]
Злаково-осоково-разнотравные, осоковые эвтрофные болота	1,7–3,0	В. И. Парfenов, Г. Ф. Рыковский [13]
Злаково-осоково-разнотравные	3,1–6,8	В. И. Парfenов, Г. А. Ким [12]
<i>Поозерье</i>		
Олиготрофные болота	2,3–3,5	В. В. Валетов [7]
Безлесные олиготрофные болота	2,3–2,6	В. В. Валетов [7]
Шейхцериево-сфагновая	2,3	В. В. Валетов [7]
Кустарничково-сфагновая	2,5	В. В. Валетов [7]
Сосново-багульниково-сфагновый	1,4–1,5	В. В. Валетов [7]
Сосново-пушицево-кустарничково-сфагновый	2,9	В. В. Валетов [7]
Осоково-сфагновые	2,6	В. В. Валетов [7]
Безлесные эвтрофные болота	0,89–1,76	В. В. Валетов [7]
Лесные эвтрофные болота	1,8–9,4	В. В. Валетов [7]
Пушистоберезовые эвтрофные болота	2,3–4,5	В. В. Валетов [7]
Черноольховые эвтрофные болота	3,4–9,4	В. В. Валетов [7]
Черноольховые сильнопроточные эвтрофные болота	7,4–9,4	В. В. Валетов [7]
Черноольховые среднепроточные эвтрофные болота	6,7–7,7	В. В. Валетов [7]
Черноольховые слабопроточные эвтрофные болота	3,4	В. В. Валетов [7]
Осоково-травяные ассоциации безлесных эвтрофных болот	0,89–1,76	В. В. Валетов [7]
Осоково-хвощевые ассоциации безлесных эвтрофных болот	1,37	В. В. Валетов [7]
Безлесные мезотрофные болота	1,1–1,8	В. В. Валетов [7]
Лесные мезотрофные болота	1,2–4,3	В. В. Валетов [7]
Сабельниково-хвощевые, пушицево-осоковые фитоценозы	2,1–2,3	И. Д. Юркевич, Л. П. Смоляк [20]
Травяно-осоковые	3,3–5,7	И. Д. Юркевич, Л. П. Смоляк [20]
Эвтрофные болота верхнего течения р. Березины	1,6–5,7	И. Д. Юркевич, Л. П. Смоляк [20]
<i>Центральная Беларусь</i>		
Сосняк голубично-сфагново-багульниковый	До 4,0	А. В. Бойко и др. [5]

Величина годичного прироста наземной фитомассы в значительной степени связана с морфологическим строением видов. Наземная продукция трав практически равна наземной фитомассе, а у сфагновых мхов – только его незначительной части, для них характерен верхушечный рост стеблей и постоянное отмирание снизу [7, 17]. Годичную продукцию подземной части (корней и корневищ) травянистых растений можно принять равной 25–35 % [1, 8] от запаса фитомассы, на олиготрофных безлесных болотах – 33–51 %, лесных – 21–28 % [8].

В монографии В. В. Валетова [7] сделан вывод, что в условиях олиготрофных болот фитомасса представлена главным образом сфагновыми мхами (72–90), мезотрофных – сфагновы-

ми мхами (49–70) и травами (45–80), эвтрофных – травами (55–100 %). Доля сфагновых мхов в годичном приросте безлесных олиготрофных сообществ составляет 68–82 %. В безлесных мезотрофных болотах в зависимости от особенностей увлажнения почвы доминируют сфагновые мхи – 60–77 % (осоково-сфагновая ассоциация) или травы – 53–61 % (осоково-травяно-сфагновая). Среди травянистых растений велика продукция осок – 17–47 %. Их роль возрастает с увеличением обводнения. В осоково-травяной ассоциации безлесных эвтрофных болот доля осок составляет 52–78 %, в осоково-хвощевой – 22 %.

Исследованиями И. Д. Юркевича с соавт. [20] показано, что в общей наземной фитомассе эвтрофных болот верхнего течения р. Березины

осоки составляют 20–85 %. И. Д. Юркевичем, Э. П. Ярошевич [21] установлено, что различия фитомассы сосняков олиготрофных болот могут быть четырехкратными.

И. Д. Богдановская-Гиенэф [4] отмечала, что ботанический состав торфа всегда в определенной степени отличается от состава отложивших его фитоценозов. Чем больше степень разложения торфа, тем меньше соответствует его ботанический состав составу образующего торф фитоценоза. Одни группы растений после минерализации исчезают (кустарнички, разнотравье, гипновые мхи), другие, например пушкица, увеличиваются по процентному соотношению остатков, третьи, такие как сфагновые мхи и осоки – сохраняются постоянно в торфе [9].

Обобщенные среднестатистические данные по белорусским болотам [18, 19] показали, что торф низинного типа образовался при максимальном участии торфообразователей травяной группы – 72,2 %, древесной – 15,9 % и моховой – 11,9 %; переходного типа: древесная – 14 %, травяная – 54,8 %, моховая – 32,2 % соответственно; верхового типа: древесная – 10,7 %, травяная – 37,6 %, моховая – 51,7 % соответственно. Отсюда следует, что 63,2 % общих запасов торфяных залежей представлено торфами травяной группы, 22,2 % – моховой и около 15 % – древесной группы.

Расчет ежегодной скорости накопления отложений торфа (P_t) с естественного болота вычисляется по формуле:

$$P_t = h \cdot \gamma \cdot K_w, \quad (1)$$

где h – ежегодный прирост торфяного слоя, м; γ – плотность торфа в залежи, t/m^3 ; K_w – коэффициент влажности.

Коэффициент влажности вычисляется по формуле:

$$K_w = (100 - I) / 100,$$

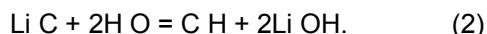
где I – средняя влажность по типам торфа, %.

Ежегодный прирост торфяного слоя на болотах различного генезиса определялся по абсолютному возрасту. Для определения абсолютного возраста образцов торфа, торфосапропеля и сапропеля, отобранных в 1996–2008 гг. ИПИПРЭ НАН Беларусь в разных частях Беларусь, были выполнены 20 датировок в Институте геохимии и геофизики НАН Беларусь и 5 датировок в Институте торфа и болот при университете г. Чанчунь провинции Цзилинь Китайской Народной Республики. Еще один образец (IGSB 251) был отобран Г. И. Симаковой [15] (Институт геохимии и геофизики НАН Беларусь).

Для определения абсолютного возраста радиоуглеродным методом применяются различные углеродсодержащие материалы: древесина, уголь, торф, растительный детрит, современные и ископаемые почвы. Главными составными частями высших растений являются целлюлоза (40–50 % массы древесины), гемицеллю-

лозы – 18–35 % и вещество ароматической структуры – лигнин (20–30 %). В торф входят те же основные компоненты, а также продукты их разложения и гумификации – гумусовые вещества. Установлено, что загрязнение органических образцов в основном происходит из-за проникновения в них корней растений и мигрирующих гуминовых веществ. Видимые корни удаляются из образца при лабораторной обработке, для удаления гуминовых веществ применяется стандартная методика – последовательное кипячение образца с разбавленными растворами HF–HCl–NaOH–HCl с последующей отмычкой образцов дистиллированной водой. Затем образцы сушатся для последующего синтеза бензола.

Синтез бензола проводился методом вакуумной термодеструкции образца и химической адсорбцией газовых продуктов пиролиза литием. Получение карбида лития осуществлялось в титановом стакане при температуре 800 °C. Стакан помещался в стальной реактор, вакуумировался и выдерживался при фиксированной температуре в течение 40 минут. Соотношение C и Li составляло 1:1,15. После остывания до комнатной температуры реактор помещался в систему разложения карбида лития. При подаче в систему воды происходило выделение ацетилена, который, проходя через систему очистки, вымораживался низкотемпературной азотной ловушкой. Ацетилен синтезировался по схеме:



При помощи двухходового вакуумного крана ацетилен порциями поступал в реактор синтеза бензола, который предварительно нагревался и озонировался для активации катализатора. Нами использовался ванадий алюмосиликатный катализатор Арсланова.

Абсолютный возраст образцов определен радиоуглеродным методом путем счета β -активности ^{14}C в бензоле, синтезируемом из углеродсодержащих образцов. Счет β -активности произведен на β -счетчике в течение 10 часов для каждого образца. Данные датировок представлены в табл. 2 и 3.

У травянистых растений надземные органы обновляются ежегодно, а так как продукцию эвтрофных болот в основном формируют травы (за исключением гипново-осоковых ассоциаций), годичный прирост можно условно принять равным запасу фитомассы [7, 8]. В сформировавшихся устойчивых биогеоценозах все функциональные процессы приближаются к стационарным, поэтому ежегодный опад здесь близок годичной продукции. Изменения в соотношении опада и прироста происходят при сукцессионных сменах сообществ [8].

Для определения ежегодной трансформации болотной фитомассы в торф величина годичного прироста наземной фитомассы бралась из табл. 1. Прирост подземных органов трав был принят за 30 % от наземной фитомассы, на олиготрофных безлесных болотах – 40 %, лесных – 25%.

Таблица 2. Ежегодный прирост и образование торфа из фитомассы естественных верховых болот

Кадастровый №, название торфяного болота, область и район расположения	Вид торфа, минимальная, максимальная и средняя степень разложения ($R\%$)	Средняя глубина отбора проб, см	№ образца, возраст по ^{14}C , лет, ежегодный прирост торфяного слоя, мм/год	Скорость накопления торфа, г/м ² в год	Растительная ассоциация, годичный прирост, кг/ м ²	Образование торфа из болотной фитомассы, %
3. Церковное Верхнедвинского района Витебской области	Магелланикум $R = 5-20$ (12,5)	105	IGSB 405 1847±88 0,57	54,1	Сосново-пушицево-сфагновая, 455	11,9
1. Освейское Верхнедвинского района Витебской области	Магелланикум, пушицево-сфагновый $R = 5-30$ (18)	175	IGSB 120 3411±297 0,51	48,4	Сосново-пушицево-сфагновая, 455	10,6
991. Савский Мх Лепельского района Витебской области	Сфагновый, пушицево-сфагновый $R = 5-35$ (16)	395	NU 9511 3245±85 1,22	115,7	Сосново-пушицево-сфагновая, 455	25,4
991. Савский Мх Лепельского района Витебской области	Сфагновый, пушицево-сфагновый, торфо-сапропель $R = 5-35$ (20)	645	NU 9512 6150±100 1,05	99,6	Сосново-пушицево-сфагновая, 455	21,9
993. Домжерицкое Лепельского района Витебской области	Магелланикум, пушицево-сфагновый $R = 5-25$ (13,5)	110	NU 9508 1025±75 1,07	101,5	Пушицево-сфагновая, 350	29
993. Домжерицкое Лепельского района Витебской области	Магелланикум, пушицево-сфагновый $R = 5-25$ (17)	205	NU 9509 2305±80 0,89	84,4	Пушицево-сфагновая, 350	24,1
993. Домжерицкое Лепельского района Витебской области	Магелланикум, пушицево-сфагновый $R = 5-40$ (22)	265	NU 9510 5655±95 0,47	44,6	Пушицево-сфагновая, 350	12,7
204. Стречно Миорского и Шарковщинского районов Витебской области	Сфагновый, пушицево-сфагновый, пушицевый $R = 10-45$ (25)	445	IGSN 818 8400±240 0,53	50,3	Пушицево-сфагновая, 350	14,4
197. Ельня Миорского района Витебской области	Магелланикум, ангустифолиум, пушицево-сфагновый $R = 10-25$ (20)	245	IGSN 1040 4100±80 0,60	56,9	Сосново-пушицево-сфагновая, 455	12,5
6. Моховое Мядельского района Минской области	Магелланикум, пушицево-сфагновый, пушицевый, осоково-гипновый, гипновый $R = 10-40$ (25)	485	IGSN 1039 10050±130 0,48	45,5	Пушицево-сфагновая, 350	13
189. Докудовское Лидского района Гродненской области	Сфагновый, пушицево-сфагновый	50	IGSN 1193 840±61 0,60	56,9	Пушицево-сфагновая, 350	16,3
135. Щенец Щучинского района Гродненской области	Сфагновый $R = 5-10$ (7,5)	35	IGSN 1329 470±40 0,74	70,2	Кустарничко-сфагновая, 350	20,1
329. Казине Крупского района Минской области	Сфагновый, пушицево-сфагновый $R = 5-15$ (10)	15	IGSN 1330 160±30 0,94	89,2	Сосново-пушицево-сфагновая, 455,	19,6
Средние показатели вертикальной скорости торфонакопления и процента трансформации растительной фитомассы в торф по верховому типу			0,74	70,6	-	17,8

Таблица 3. Ежегодный прирост и образование торфа из фитомассы естественных низинных болот

Кадастровый №, название торфяного болота, область и район расположения	Вид торфа, минимальная, максимальная и средняя степень разложения (R%)	Средняя глубина отбора проб, см	№ образца, возраст по ^{14}C , лет, ежегодный прирост торфяного слоя мм/год	Скорость накопления торфа, г/м ² в год	Растительная ассоциация, годичный прирост, г/ м ²	Образование торфа из болотной фитомассы, %
126. Песчанка <i>Березовский и Дрогичинский районы Брестской области</i>	Осоковый, тростниково-осоковый, древесно-тростниковый, тростниковый $R = 25-40$ (32)	215	IGSN 592os 6512 ± 44 0,33	35,6	Тростниково-осоковая, 715	5
126. Песчанка (по гуминовым кислотам из торфа)	Осоковый, тростниково-осоковый, древесно-тростниковый, тростниковый $R = 25-40$ (32)	215	IGSN 592gk 6310 ± 35 0,34	36,7	Тростниково-осоковая, 715	5,1
126. Песчанка <i>Березовский и Дрогичинский районы Брестской области</i>	Осоковый, тростниково-осоковый, сапропель	375	IGSN 593os 13600 ± 691 0,28	30,2	Тростниково-осоковая, 715	4,2
126. Песчанка (по гуминовым кислотам из сапропеля)	Осоковый, тростниково-осоковый, сапропель	375	IGSN 593gk 12950 ± 358 0,29	31,3	Тростниково-осоковая, 715	4,4
75. Дикое <i>Пружанский и Свислочский районы Брестской и Гродненской областей</i> (разрез 2)	Осоковый $R = 15-25$ (20)	35	IGSN 712 1060 ± 120 0,33	35,6	Осоковая, 494	7,2
75. Дикое (разрез 5)	Терес-торф, осоково-гипновый $R = 5-15$ (10)	40	IGSN 713 1110 ± 110 0,36	38,8	Осоковая 494	7,9
75. Дикое (разрез 5)	Терес-торф, осоково-гипновый $R = 5-45$ (20)	190	IGSN 714 6430 ± 90 0,30	32,4	Осоковая, 494	6,6
249. Великий Лес <i>Кобринский и Дрогичинский районы Брестской области</i> (разрез 1)	Осоковый, тростниково-осоковый $R = 15-25$ (21)	85	IGSN 817 2800 ± 160 0,30	32,4	Осоковая, 494	6,6
249. Великий Лес (разрез 2)	Тростниково-осоковый, тростниковый $R = 20-35$ (30)	135	IGSN 819 4400 ± 170 0,31	33,4	Тростниково-осоковая, 715	4,7
1426. Мох в пойме р. Нижняя Кривина (Кривина) <i>Бешенковичского и Сенненского районов Витебской области</i>	Древесный	50	IGSB 251 1588 ± 180 0,31	33,4	Ольхово-березово-разнотравная, 780	4,3
2. Выдрино <i>Верхнедвинского района Витебской области</i>	Осоковый, тростниково-осоковый, древесно-осоковый, древесный $R = 25-50$ (40)	185	IGSN 1038os 5170 ± 130 0,36	38,8	Ольхово-болотно-разнотравная, 845	4,6

Окончание табл. 3

Кадастровый №, наименование торфяного болота, область и район расположения	Вид торфа, минимальная, максимальная и средняя степень разложения ($R\%$)	Средняя глубина отбора проб, см	№ образца, возраст по ^{14}C , лет, ежегодный прирост торфяного слоя мм/год	Скорость накопления торфа, г/ м^2 в год	Растительная ассоциация, годичный прирост, г/ м ²	Образование торфа из болотной фитомассы, %
2. Выдрино (по гуминовым кислотам из торфа)	Осоковый, тростниково-осоковый, древесно-осоковый, древесный $R = 25-50$ (40)	185	IGSN 1038gk 4780 ± 110 0,39	42,1	Ольхово-болотно-разнотравная, 845	5
8. Корытино Барановичского района Брестской области	Древесно-осоковый, осоковый $R = 5-25$ (15)	60	IGSN 1331 1240 ± 70 0,48	51,8	Ольхово-ивняково-разнотравная, 910	5,7
Средние показатели вертикальной скорости торфонакопления и процента трансформации растительной фитомассы в торф по низинному типу			0,34	36,3	—	5,5

В некоторых разрезах абсолютный возраст был определен по двум компонентам в каждом образце: по гуминовым кислотам и по остатку после удаления гуминовых и гидролизуемых веществ. Как видно из табл. 2 и 3, возраст некоторых образцов торфа и сапропеля, определенный по гуминовой фракции, оказался несколько меньше возраста, определенного по остатку. Это говорит о загрязнении гуминовых веществ древних образцов более молодыми гуминовыми кислотами, мигрирующими из верхних горизонтов торфяной залежи в нижние.

Исходя из табл. 2 и 3, скорость торфонакопления в условиях верховых болот в пересчете на 1 га составила 446–1 157 кг в год, низинных – 302–518 кг в год.

Данные табл. 2 и 3 показали, что трансформация фитомассы в торф составила для

верховых болот 10,6–29 (среднее 17,8 %), для низинных – 4,2–7,9 (среднее 5,5 %). Следовательно, около 82 % фитомассы верховых болот и около 94 % низинных теряется на минерализацию до CO_2 , H_2O , CH_4 , NH_3 и SO_3 . Для древесно-травяно-моховых растительных ассоциаций болот верхового типа выход торфа из фитомассы составил 11,9–25,4 (среднее 17 %), травяно-моховых – 12,7–29 (среднее 18,5 %). Для древесно-травяных растительных ассоциаций болот низинного типа выход торфа из фитомассы составил 4,3–7,9 (среднее 4,9 %), для травяных – 4,2–7,9 (среднее 5,7 %).

Результаты исследований, приведенные в табл. 2 и 3, не противоречат данным о ежегодном превращении в торф растительной биомассы, полученным другими методами на болотах Беларуси и Европы.

Л и т е р а т у р а

1. Базилевич Н. И., Титлянова А. А., Смирнов В. В. и др. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М., 1978.
2. Бамбалов Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Мн., 1984.
3. Бамбалов Н. Н., Янковская Н. С. Фракционный состав азотного фонда органических удобрений и растений-торфообразователей // Агрохимия. 1994. № 7–8. С. 55–61.
4. Богдановская – Гиенэф И. Д. Принципы генетической классификации торфов // Уч. зап. Ленингр. ун-та. 1945. № 75. Сер. биол. наук. Вып. 15. С. 81–95.
5. Бойко А. В., Арабей Н. В., Евсиевич К. М. и др. Эколо-фитоценотические исследования лесной растительности Налибокской пущи. Мн., 1983.
6. Бойко А. В., Смольский Н. В., Сидарович Е. А. и др. Экспериментальные исследования ландшафтов Припятского заповедника. Мн., 1976.
7. Валетов В. В. Фитомасса и первичная продукция безлесных и лесных болот. Ч. 1. Мн., 1992.
8. Елина Г. А., Кузнецов О. Л. Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л., 1984.
9. Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л., 1978.
10. Лиштван И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Мн., 1975.
11. Лукошко Е. С., Бамбалов Н. Н., Хоружик А. В. и др. Ход торфообразовательного процесса в естественных условиях // Заповедники Белоруссии. 1986. № 10.
12. Парфенов В. И., Ким Г. А. Динамика лугово-болотной флоры и растительности Полесья под влиянием осушения. Мн., 1976.

13. Парфенов В. И., Рыковский Г. Ф. Изменение надземной биологической продуктивности лугово-болотных фитоценозов Белорусского Полесья под влиянием осушения // Эколого-биологические исследования растительных сообществ. Мин., 1975. С. 197–214.
14. Пьявченко Н. И. Прирост фитомассы и скорость накопления торфа // Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л., 1983. С. 42–46.
15. Симакова Г. И., Павлова И. Д. Особенности палеогеографии территории Кривинского торфяного массива в позднеплейстоцен и голоцен // Докл. НАН Беларуси. 1999. Т. 43, № 5. С. 98–101.
16. Скрынникова И. Н. Классификация целинных болотных и мелиорированных торфяных почв СССР // Почвоведение. 1964. № 5. С. 14–26.
17. Смоляк Л. П., Рубан Н. Н. Сравнительная продуктивность болот Полесья. Мин., 1985.
18. Тишкович А. В. Использование торфа в сельском хозяйстве / Под ред. И. И. Лиштвана. Мин., 1984.
19. Тишкович А. В., Шныриков В. Г., Зубовский В. С. Природа торфа и эффективность удобрений на его основе / Под ред. И. И. Лиштвана. Мин., 1987.
20. Юркевич И. Д., Смоляк Л. П. Болота Березинского заповедника и их значение // Березинский заповедник. Мин., 1975. Вып. 4. С. 28–41.
21. Юркевич И. Д., Ярошевич Э. П. Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов. Мин., 1974.
22. Franzen L. G. Can Earth afford to lose the wetlands in the battle against increasing greenhouse effect? // Proc. the 9-th International Peat Congress. 1992. Vol. 1. P. 1–18.

B. A. Rakovich

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ФИТОМАССЫ В ТОРФ НА БОЛОТАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Круговороты веществ на болотах изучены весьма слабо, и существует значительный дефицит знаний о скоростях круговоротов и их отдельных этапов, емкостях круговоротов, величинах полной продукции и коэффициентах минерализации и гумификации разных видов фитоценозов.

В результате проведенных исследований была выполнена количественная оценка трансформации растительной фитомассы в торф, рассчитанная по среднему ежегодному приросту биомассы и торфяной залежи, определенной радиоуглеродным методом по ^{14}C для болот различного генезиса.

Показано, что скорость торфонакопления в условиях верховых болот в пересчете на 1 га составила 446–1 157 кг в год, низинных – 302–518 кг в год.

Трансформация фитомассы в торф составила для верховых болот 10,6–29 (среднее 17,8 %), для низинных – 4,2–7,9 (среднее 5,5 %). Следовательно, около 82 % фитомассы верховых болот и около 94 % низинных теряется на минерализацию до NH_3 , CO_2 , H_2O , CH_4 и SO_3 . Для древесно- травяно-моховых растительных ассоциаций болот верхового типа выход торфа из фитомассы составил 11,9–25,4 (среднее 17 %), травяно-моховых – 12,7–29 (среднее 18,5 %). Для древесно- травяных растительных ассоциаций болот низинного типа выход торфа из фитомассы составил 4,3–7,9 (среднее 4,9 %), для травяных – 4,2–7,9 (среднее 5,7 %).

V. A. Rakovich

QUALITATIVE ASSESSMENT OF MIRE VEGETATION PHYTOMASS TRANSFORMATION ON VARIOUS GENESIS MIRES INTO PEAT

Substances circulation on mire have been little studied, and there's a great deficiency of experience about rates of circulation and its separate stages, about capacities of circulation, about the values of complete production and mineralization and humification coefficients of various phytocoenosis types.

The carried out researches resulted in qualitative assessment performance (in percents) of vegetation phytomass transformation into peat, calculated on average annual growth of plants biomass and peat deposit, determined by radio-carbonic method by ^{14}C .

It has been shown that rate of peat accumulation in raised mires conditions as calculated per 1 ha comprised 446–1 157 kg/year, in fens – 302–518 kg a year.

Transformation of vegetative phytomass into peat was for raised mires 10,6–29 (mean 17,8 %) for fens – 4,2–7,9 (mean 5,5 %). Therefore, about 82 % of mire phytomass of raised bogs and about 94 % of fens are lost for mineralization till NH_3 , CO_2 , H_2O , CH_4 and SO_3 . For woody-grass-moss vegetation associations of raised mires the outcome of peat from phytomass comprised 11,9–25,4 (mean 17 %), grass-moss – 12,7–29 (mean 18,5 %). For wood-grass vegetation associations of fens the outcome of peat from phytomass was 4,7–7,9 (mean 4,9 %), for grassy – 4,2–7,9 (mean 5,7 %).

The presented in the tables 2 and 3 results do not contradict the data obtained by other methods in Belarus and Europe mires about annual vegetation biomass transformation into peat.

А. П. Гусев

СУКЦЕССИОННЫЙ МЕТОД РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Рассмотрен сукцессионный метод рекультивации, основанный на способности природных геосистем к самовосстановлению в ходе вторичных и первичных сукцессий растительности. С помощью корреляционного анализа изучали связь между различными показателями растительности нелесных стадий (общее проектное покрытие, число видов, численность естественного возобновления древесных видов, длительность абиогенного этапа и т.д.) и экологическими условиями пионерной стадии (влажность, кислотно-щелочные условия, азотное богатство и т.д.). Предложена региональная система оценки способности природных геосистем к само восстановлению.

Для обозначения мероприятий, обеспечивающих дальнейшее использование нарушенных ландшафтов, применяются термины «рекультивация», «ренатурализация», «регенерация», «реабилитация». Под ренатурализацией понимается обязательное и полное восстановление всей совокупности природных компонентов нарушенных ландшафтов, обеспечение их взаимодействия, самоорганизации и саморегулирования с целью возврата к естественному состоянию. Реабилитация – восстановление способности нарушенных ландшафтов к выполнению биосферных и хозяйственных функций, которые они выполняли до антропогенного воздействия. В отличие от ренатурализации реабилитация не предусматривает обязательного и полного восстановления биосферных функций ландшафтов, их способности к ресурсово-производству, саморегуляции и самоорганизации [1].

Рекультивация – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды. Рекультивация нарушенных земель осуществляется для восстановления их для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-оздоровительных целей. Рекультивация предусматривает два этапа: технический и биологический. Технический этап включает планировку (выравнивание) поверхности, выполаживание, террасирование откосов отвалов и бортов карьеров, засыпку и планировку провалов, ям, канав, снятие и нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вкрышных пород или отходов, химическую мелиорацию токсичных пород, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использованию рекультивированных земель или для проведения мероприятий по восстановлению плодородия почв. Биологическая рекультивация нарушенных земель осуществляется на основе сельскохозяйственного

подхода, предусматривающего активное восстановление плодородия путем нанесения плодородных пород (гумусового горизонта), внесение удобрений и мелиорантов, подбор и высаживание разных видов трав и деревьев, устойчивых в техногенный среде (комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почв). Альтернативой сельскохозяйственному подходу при биологической рекультивации является сукцессионный подход – использование способности природных геосистем и их компонентов к само восстановлению в ходе первичных и вторичных сукцессий растительности [5, 6].

Сукцессионный подход учитывает степень нарушений природной подсистемы и позволяет создавать растительный покров, способный существовать и развиваться без постоянных энергетических и вещественных затрат. В этом случае главная задача при проведении восстановительных работ состоит в подготовке нарушенных экотопов таким образом, чтобы она вызвала ускорение восстановительной сукцессии в результате естественного заселения территории сохранившимися видами растений. Важным условием успешного развития начальных стадий сукцессии является оптимизация питательного режима путем разового внесения необходимых мелиорантов и удобрений в почву. Оптимизация питательного режима почв может рассматриваться как триггер для возникновения положительных обратных связей в восстанавливющихся геосистемах [5, 6].

Для реализации сукцессионного подхода, основная цель которого – «запустить» естественную сукцессию, предлагаются различные методы (в зависимости от состояния территории, наличия живых растений и органогенного горизонта почв): 1) внесение мелиорантов и удобрений без семян растений с тем, чтобы способствовать колонизации местными видами территорий с сохранившимися пятнами из живых растений и органогенными горизонтами; 2) посев се-

мян, устойчивых к загрязнению трав и внесение мелиорантов и удобрений на территориях, полностью лишенных растительности и органогенных горизонтов почв; предполагается, что чужеродные виды трав будут формировать только пионерную стадию сукцессии и способствовать оптимизации питательного режима почв для внедрения местных видов; 3) внесение мелиорантов и удобрений и посев семян или посадка устойчивых к загрязнению деревьев – бересклета, ивы, осины, ольхи [5].

Прогрессивные современные подходы к рекультивации основываются на применении методов всемерной стимуляции собственных возможностей природных геосистем к самовосстановлению. Исходя из этапности процессов естественного восстановления в ходе сукцессий, процесс рекультивации нарушенных земель также должен носить многоэтапный характер. Каждый этап рекультивации должен соответствовать определенной стадии спонтанной восстановительной сукцессии: на каждой стадии необходимо применять обоснованные и щадящие технологии [3, 6].

В благоприятных условиях проведение мероприятий по оптимизации питательного режима не требуется. Ряд исследований показывает, что спонтанные сукцессии могут служить эффективным методом восстановления нарушенных ландшафтов. В качестве примера можно привести результаты изучения сукцессий на залежах в Венгрии [8] и сукцессии в заброшенных карьерах по добыче базальта в Чехии [11]. Отмечается, что степень применимости сукцессионного метода восстановления определяется благоприятностью начальных условий для развития растительности [12].

Сукцессионный метод можно рассматривать как универсальный подход к реабилитации (т. е. восстановлению способности к выполнению биосферных и хозяйственных функций) некоторых типов природных экосистем, например нарушенных при торфоразработке болот [1].

Изучение сукцессионных процессов в техногенно-нарушенных геосистемах выполнялось нами в 1998–2007 гг. в пределах Полесской ландшафтной провинции аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов [4]. Объектами исследований являлись карьерно-отвальные комплексы месторождений строительных, формовочных, стекольных песков, глинистых пород; массивы намывных песков; отвальные комплексы полигонов промышленных и бытовых отходов; поля фильтрации; буровые площадки; земли, нарушенные строительными работами; пахотные земли, выведенные из оборота. В задачи исследований входило изучение растительности начальных стадий сукцессий, развивающихся в нарушенных ландшафтах; выяснение закономерностей проте-

кания сукцессионных процессов в зависимости от экологических условий техногенных экотопов; разработка системы оценки способности нарушенных лесных геосистем к самовосстановлению (потенциала самовосстановления) для обоснования применимости сукцессионного метода рекультивации и реабилитации.

Полевые исследования выполнялись геоботаническими и ландшафтно-экологическими методами (пробных площадок и профилирования), проводилось изучение почв, условий залегания грунтовых вод, геохимическое опробование. Для изучения сукцессий растительности использовались повторные геоботанические описания на постоянных пробных площадях и метод эколого-генетических рядов. Размер пробных площадок – 25–100 м². Для изучения экологических условий и их изменения в ходе сукцессии использовались экологические (фитоиндикационные) шкалы Х. Элленберга [9], Э. Ландольта [10] и Д. Н. Цыганова [7]. Для большей точности фитоиндикации для определения кислотности, азотообеспеченности и влажности почв одновременно использовались шкалы разных авторов. Статистическая обработка выполнялась с помощью программного пакета STATISTICA 5.0.

Для оценки потенциала самовосстановления важны два показателя: 1) длительность сукцессии (время от ее начала до климаксовой стадии); 2) длительность нелесных стадий (время от начала сукцессии до формирования леса). Первый показатель как критерий оценки имеет существенный недостаток: восстановительные процессы характеризуются значительной длительностью (порядка сотен и даже тысяч лет), которая не позволяет проверить правильность полученных экспертных оценок непосредственными наблюдениями; определить общую продолжительность сукцессии весьма сложно [2].

С другой стороны, часто полное восстановление исходных климаксовых геосистем не является целью рекультивации или же невозможно. В этих случаях важно определить потенциал самовосстановления способности геосистем к выполнению биосферных и хозяйственных функций (биологической, гидрологической, газорегуляторной, геохимической и т. д.). С этих позиций наибольшее значение имеют показатели начальных (нелесных) стадий восстановительной сукцессии.

Важными показателями начальных стадий являются длительность abiогенного этапа (время от момента формирования субстрата до появления пионерных группировок); длительность начальных стадий (особенно длительность пионерной стадии); общее проектное покрытие растительности на начальных стадиях; эколого-фитоценотическая структура (набор ассоциаций) растительности начальных стадий; общее проектное покрытие на луговой стадии; время появ-

ления, состав и численность первых древесных видов (раннесукцессионных); время появления, состав, численность климаксовых (позднесукцессионных) древесных видов и др.

Длительность абиогенной стадии определяет риск развития эрозионных процессов, потери запасов элементов минерального питания. Общее проективное покрытие пионерной стадии определяет способность растительности предотвратить потерю элементов минерального питания, аккумулируя их в фитомассе (чем больше покрытие и соответственно фитомасса, тем больше элементов будет закреплено в растительном покрове). Значительная продолжительность и низкое покрытие растительности начальной стадии благоприятствуют активному протеканию процессов водной и ветровой эрозии и связанному с ними выносу элементов минерального питания, органического вещества, разрушению гумусового горизонта. По мере увеличения способности противодействовать этим негативным процессам растительные сообщества образуют ряд: сообщества однолетников; сообщества многолетних трав; сообщества многолетних злаков (луговые); лесные сообщества с доминированием деревьев. Чем быстрее в ходе восстановительной сукцессии протекают нелесные стадии и, соответственно, быстрее происходит формирование сомкнутого древесного насаждения, тем меньше риск деградации экотопа и больше вероятность его восстановления.

Так, изучение нами корреляционной зависимости активности эрозионных процессов на начальной стадии восстановительной сукцессии в нарушенных ландшафтах (полигон отходов фосфогипса, карьеры по добычи песков, строительные пустыри) от ряда факторов показало достоверную связь пораженности территории водноэрозионными процессами (отношение площади водноэрозионных форм рельефа к общей площади территории) с уклоном поверхности (коэффициент корреляции Спирмена – 0,692 при $p < 0,001$; коэффициент корреляции Кенделла – 0,531 при $p < 0,001$) и общим проективным покрытием растительности (соответственно -0,523 при $p < 0,01$ и -0,395 при $p < 0,01$). Сомкнутый растительный покров из многолетних трав с общим проективным покрытием 80–100 % практически полностью исключает проявление водной эрозии уже на начальных стадиях сукцессии даже при значительных уклонах рельефа ($5\text{--}20^\circ$).

Деревья оказывают наиболее сильное воздействие на среду, поэтому время их появления и численность естественного возобновления на начальных стадиях определяют скорость преобразования экотопа. Преобразование субстрата непосредственно связано с величиной фитомассы: чем больше фитомасса сообщества, тем сильнее оно воздействует на свою среду (запас фитомассы определяет емкость биологического

круговорота – количество вовлекаемых в него химических элементов). Эффективность рекультивации, как и восстановительной спонтанной сукцессии, зависит от формирования сообщества с максимально возможной при данных условиях фитомассой, т. е. прежде всего древесных насаждений из видов с широким экологическим диапазоном.

Указанные показатели также позволяют оценить степень экстремальности субстрата. Крайне неблагоприятные условия (обусловленные низким или высоким pH, каменистостью, высоким содержанием солей, нефтепродуктов и т. д.) определяются значительной продолжительностью абиогенного этапа (многие годы и даже десятилетия), разреженным растительным покровом начальных стадий, крайне низкой численностью естественного возобновления даже при близком расположении источников семян деревьев. Заселение таких субстратов идет чрезвычайно медленно. Пионерные группировки не оказывают заметного влияния на снижение негативных свойств субстрата. Формирование более или менее сомкнутого покрова происходит по мере выщелачивания и выноса токсичных соединений осадками и стоком. Пионерная растительность не способна преобразовывать субстрат, но способна существовать на нем.

С помощью корреляционного анализа изучена связь между различными показателями растительности нелесных стадий и экологическими условиями пионерной стадии. Исследовались такие показатели растительности, как общее проективное покрытие, число видов, численность естественного возобновления древесных видов на пионерной стадии, численность естественного возобновления древесных видов на луговой стадии, время появления первых деревьев, длительность абиогенного этапа. В качестве показателей экологических условий на пионерной стадии использовались значения фитоиндикационных шкал Х. Элленберга (влажности, азотного богатства, кислотно-щелочных условий), Д. Н. Цыганова (влажности, содержания солей, азотного богатства, кислотно-щелочных условий) и Э. Ландольта (содержания гумуса, гранулированности). Для оценки связи рассчитывались коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и Кенделла. На основе выполненного анализа установлено, что общее проективное покрытие растительности на пионерной стадии положительно коррелирует с влажностью, азотным богатством, гумусированностью (содержанием гумуса) и гранулированностью (механическим составом) субстрата. Достоверная связь обнаруживается также со значениями шкалы кислотно-щелочных условий Х. Элленберга. Число видов (видовое богатство пионерных группировок) достоверно связано с содержанием солей (по шкале Д. Н. Цыганова) и кислотно-щелочными условиями

ми субстрата (по шкалам Х. Элленберга и Д. Н. Цыганова). В изученных техногенно-нарушенных ландшафтах видовое богатство пионерных группировок увеличивается с ростом

солневого богатства и pH субстрата. С остальными показателями экологических условий число видов достоверной связи не имеет (табл. 1).

Таблица 1. Взаимосвязь характеристик растительности начальных стадий восстановительной сукцессии с экологическими условиями пионерной стадии

Экологический режим на пионерной стадии	1	2	3	4	5	6
Влажность по Д. Н. Цыганову (шкала Hd)	0,523* p < 0,01 0,368** p < 0,01	Н.д. Н.д.	0,485 p < 0,01 0,409 p < 0,01	0,654 p < 0,01 0,492 p < 0,01	-0,820 p < 0,001 -0,715 p < 0,001	-0,365 p < 0,05 -0,290 p < 0,05
Влажность по Х. Элленбергу (шкала F)	0,600 p < 0,001 0,419 p < 0,01	Н.д. Н.д.	0,414 p < 0,05 0,340 p < 0,05	0,597 p < 0,05 0,494 p < 0,01	-0,759 p < 0,001 -0,624 p < 0,001	Н.д. -0,278 p < 0,05
Содержание солей по Д. Н. Цыганову (шкала Tr)	Н.д. Н.д.	0,489 p < 0,01 0,348 p < 0,01	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.
Азотное богатство по Д. Н. Цыганову (шкала Nt)	0,682 p < 0,001 0,471 p < 0,001	Н.д. Н.д.	Н.д. 0,258 p < 0,05	Н.д. Н.д.	-0,655 p < 0,01 -0,501 p < 0,01	Н.д. -0,287 p < 0,05
Азотное богатство по Х. Элленбергу (шкала N)	0,574 p < 0,001 0,397 p < 0,01	Н.д. Н.д.	0,531 p < 0,01 0,417 p < 0,01	0,538 p < 0,015 Н.д.	-0,678 p < 0,001 -0,517 p < 0,01	Н.д. Н.д.
Кислотность по Д. Н. Цыганову (шкала Rc)	Н.д. Н.д.	0,486 p < 0,01 0,372 p < 0,01	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.
Кислотность по Х. Элленберга (шкала R)	0,443 p < 0,05 0,323 p < 0,05	0,451 p < 0,05 0,358 p < 0,01	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.
Содержание гумуса по Э. Ландольту (шкала Hu)	0,661 p < 0,001 0,472 p < 0,001	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	0,601 p < 0,05 0,424 p < 0,05	-0,710 p < 0,001 -0,577 p < 0,001	-0,514 p < 0,01 -0,417 p < 0,01
Гранулированность по Э. Ландольту (шкала Ds)	0,530 p < 0,01 0,376 p < 0,01	Н.д. Н.д.	Н.д. Н.д.	0,616 p < 0,05 0,448 p < 0,05	-0,652 p < 0,01 -0,497 p < 0,01	-0,494 p < 0,01 -0,405 p < 0,01

Примечание: 1 – общее проективное покрытие пионерной стадии, %; 2 – число видов на пионерной стадии; 3 – численность естественного возобновления древесных видов на пионерной стадии, шт./га; 4 – численность естественного возобновления древесных видов на луговой стадии, шт./га; 5 – время появления первых деревьев, лет; 6 – длительность абиогенного этапа; *коэффициент корреляции Спирмена; **коэффициент корреляции Кенделла; н.д. – значения коэффициентов корреляции недостоверны ($p > 0,05$).

Численность естественного возобновления древесных видов на пионерной стадии положительно связана с влажностью и азотным богатством, а с кислотно-щелочными условиями, содержанием солей, содержанием гумуса и гранулированностью достоверной связи не обнаруживает. Численность естественного возобновления на луговой стадии положительно коррелирует с влажностью, азотным богатством по шкале Х. Элленберга, содержанием гумуса и гранулированностью. Такие показатели, как время появления первых древесных видов и длительность абиогенного этапа, имеют достоверную отрица-

тельный корреляцию с влажностью, азотным богатством, содержанием гумуса и гранулированностью. Видно, что в наибольшей степени указанные показатели растительности имеют достоверную связь с влажностью субстрата, которая является одним из важнейших факторов, обуславливающих протекание восстановительной сукцессии в техногенно-нарушенных ландшафтах. Существенную роль играют также азотное богатство, содержание гумуса и гранулированность. Изменения содержания солей и кислотно-щелочных условий в пределах изученных объек-

тов слабо сказываются на характеристиках начальных стадий восстановительной сукцессии.

Таким образом, анализ основных показателей растительности различных стадий сукцессий позволяет оценить потенциал самовосстановления нарушенных лесных геосистем и на этой основе разработать рекомендации по определению техногенных экотопов для приемки под самозаrstание. На основе исследований, выполненных в нарушенных ландшафтах на территории Полесской провинции, можно предложить региональную систему оценки (табл. 2), позволяющую выделять четыре класса (ранга) способности природных геосистем к самовосстановлению:

1) крайне низкая (для восстановления необходимо проведение технической и биологической рекультивации);

2) низкая (восстановление требует проведения в основном биологической рекультивации);

3) удовлетворительная (восстановление возможно путем активизации спонтанной сукцессии на начальной стадии);

4) высокая (восстановление возможно за счет спонтанной сукцессии).

В случае удовлетворительной и высокой способности геосистем к самовосстановлению сукцессионный метод может эффективно использоваться для их рекультивации и реабилитации.

Таблица 2. Оценка способности геосистем к самовосстановлению по показателям сукцессии растительности

Показатель	Способность к самовосстановлению			
	крайне низкая	низкая	удовлетворительная	высокая
Длительность абиогенного этапа, лет	> 5	2–5	1–2	< 1
Длительность пионерной стадии, лет	> 10	5–10	2–5	< 2
Численность естественного возобновления деревьев на пионерной стадии, тыс. шт./га	0	< 0,5	0,5–2	> 2
Проективное покрытие растительности пионерной стадии, %	< 10	10–50	50–70	> 70
Численность естественного возобновления деревьев на луговой стадии, тыс. шт./га	< 0,5	0,5–2	2–5	> 5
Проективное покрытие растительности луговой стадии, %	< 50	50–80	80–100	100
Время появления деревьев, лет	10–20	5–10	2–5	1
Длительность нелесных стадий, лет	> 30	20–30	10–20	< 10

Л и т е р а т у р а

1. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Изменение функций болот в результате антропогенных нарушений и реабилитации // Природные ресурсы. 2004. № 2. С. 38–51.
2. Васильев С. В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы Среднего Приобья / РАН. СО. Ин-т почвоведения и агрохимии; ред. И. М. Гаджиев. Новосибирск., 1998.
3. Зубайдуллин А. А. Рекультивация нефтезагрязненных земель в Среднем Приобье: недостатки и основные причины низкой эффективности // Биологические ресурсы и природопользование. Сб. науч. тр. Сургут, 2003. Вып. 6. С. 129–139.
4. Марцинкевич Г. И., Клициунова Н. Н., Хараничева Г. Т. и др. Ландшафты Белоруссии. Мин., 1989.
5. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северо-таежных лесах / Н. В. Лукина, Т. А. Сухарева, Л. Г. Исаева. М., 2005.
6. Тишков А. А. Экологическая реставрация нарушенных экосистем Севера. М., 1996.
7. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983.
8. Csecserits A., Redei T. Secondary succession on sandy old-fields in Hungary // Applied Vegetation Science, 2001. Vol. 4. № 1. P. 63–74.
9. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze. 1974.
10. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich, H.64, 1977. P. 1–208.

11. Novák J., Prach K. Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale // Applied Vegetation Science, 2003. Vol. 6. P. 111–116.
12. Prach K., Bartha S., Joyce C. B., Pysek P., van Diggelen R., Wieglob G. The role of spontaneous vegetation succession in ecosystem restoration: A perspective // Applied Vegetation Science, 2001. Vol. 4. № 1. P. 111–114.

А. П. Гусев

СУКЦЕССИОННЫЙ МЕТОД РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Рассмотрен сукцессионный метод рекультивации, основанный на способности природных геосистем к самовосстановлению в ходе вторичных и первичных сукцессий растительности. Представлены показатели начальных стадий сукцессий, отражающие способность природных геосистем к самовосстановлению (длительность абиогенного этапа, естественное возобновление древесных видов, проективное покрытие, видовой состав, видовое разнообразие и др.). С помощью корреляционного анализа изучена связь между различными показателями растительности нелесных стадий и экологическими условиями пионерной стадии (влажность, кислотно-щелочные условия, азотное богатство и т. д.). Предложена региональная система оценки способности природных геосистем к самовосстановлению, основанная на показателях начальных стадий восстановительных сукцессий растительности. В случае высокой способности геосистем к самовосстановлению сукцессионный метод может эффективно использоваться для их рекультивации и реабилитации.

A. P. Gusev

SUCCESSIONAL METHOD OF RESTORATION OF THE DISTURBED LANDSCAPES

In work the successional method of restoration based on ability of natural geosystems to self-restoration during secondary and primary successions of vegetation is considered. The parameters of initial stages succession diagnosing ability of natural systems to self-restoration are considered (duration of abiotic stage, time of occurrence of wood kinds natural renewal of trees, specific structure, ecological structure, the diversity etc.). Connection of parameters of vegetation succession with ecological conditions (humidity, nitric riches, reaction etc.) of an initial stage is investigated. The regional system of an estimation of potential of self-restoration of the geosystems, based on parameters of initial stages of spontaneous vegetation succession is offered. In case of high ability of geosystems to self-restoration the method can effectively be used for them restoration and rehabilitations.

**А. П. Гаврильчик, С. Т. Мультан, Ю. Ю. Навоша, Н. В. Будник,
Т. А. Пискунова, В. В. Воронко, А. В. Осипов, А. В. Лис**

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ПРИГОДНЫХ К РАЗРАБОТКЕ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведены результаты выявления потенциально пригодных к разработке запасов торфа в республике, показано их распределение по областям и наличие в существующих целевых фондах.

Торфяной фонд Республики Беларусь, обобщенный в кадастровом справочнике 1978 г. издания и уточненный в «Схеме рационального использования и охраны торфяных ресурсов республики на период до 2010 г.», одобренной Постановлением Совета Министров № 440 от 25 ноября 1991 г., включает все торфяные месторождения площадью свыше 1 га, запасы торфа на которых прогнозно оценены более чем 4 млрд т [7]. Однако не все выявленные месторождения могут представлять интерес для добывающей отрасли.

В соответствии с ГОСТом 21123-85 торфяным месторождением называется геологическое образование, состоящее из напластования торфа, которое по размерам и запасам торфа может быть объектом промышленного или сельскохозяйственного использования [6]. Следует четко выделять требования, которые определяют пригодность торфяных месторождений к разработке. Пригодными для разработки являются не все месторождения, а лишь те из них, качественная характеристика торфа которых соответствует требованиям, предъявляемым к качеству получаемого сырья, а параметры месторождения (площадь, глубина залегания торфа, конфигурация, условия залегания и т. д.) подтверждают технологическую возможность разработки месторождения.

Возможными к разработке являются те из пригодных, которые в настоящее время не входят в состав охраняемых государством территорий или объектов, разработка которых экономически выгодна, а воздействие техногенной нагрузки на окружающую среду будет минимальным. В кадастровом справочнике этих данных нет. Есть только сведения о площади всех выявленных более чем 9 тыс. торфяных месторождений, о запасах торфа на них с характеристикой залежи. Пригодные же к разработке запасы торфа на каждом из них не определены.

Какие же по размерам и характеристикам залежи месторождения могут представлять интерес для добывающей отрасли? Каковы предельные параметры пригодных для разработки месторождений? Обоснование предельных значений позволит существенно упростить задачу прогнозного определения пригодных для разра-

ботки запасов торфа. Естественно, малые, зазоленные и мелкозалежные торфяные месторождения не могут представлять интерес для добывающей отрасли. Практика организации добычи торфа торфяной отраслью на нужды энергетики, быта и сельского хозяйства фрезерным способом показывает, что экономически обоснованной является разработка торфяных месторождений с промышленными запасами торфа более 50 тыс. т при условии стабильной работы подготовленного участка на протяжении не менее 5 лет с объемом ежегодной добычи не менее 5 тыс. т. При этом способе добычи торфа коэффициент использования залежи (КИЗ) обычно колеблется в пределах 0,45–0,65. Следовательно, извлекаемые запасы торфа на таких месторождениях составят 25–27 тыс. т [1–5].

Учитывая толщину срабатываемого слоя торфа залежи за сезон (0,20–0,25 м) и минимальный срок работы участка (5 лет), пригодные для разработки торфяные месторождения должны иметь среднюю глубину торфа более 1,0 м. Анализ влияния глубины сработки торфа мелкоконтурных месторождений на скорость сушки фрезерной крошки показывает, что интенсивность влагоудаления существенно снижается с углублением образующегося вследствие добычи торфа котлована. Предельно обоснованная глубина выработки залежи при соблюдении требуемой нормы осушения – 3,0–3,5 м. Поэтому максимально целесообразная глубина сработки торфа фрезерным способом на таких месторождениях – 3,0–3,5 м. Анализ данных кадастрового справочника торфяного фонда республики показывает, что глубокозалежные (со средней глубиной более 3,0 м) мелкоконтурные месторождения площадью до 50 га составляют около 9 % их количества, из которых 80 % находится в Витебской области. В Брестской, Гомельской и Гродненской областях таких месторождений нет. Задача ресурсосбережения и рационального использования местных сырьевых ресурсов требует максимально полного извлечения торфа из залежи с доведением КИЗ до 0,8–0,9. Поставленная цель может быть достигнута при условии оставления в залежи защитного слоя торфа толщиной не более 0,15–0,20 м. Однако такая технология разработки глубокозалежных малых

по площади месторождений потребует искусственного водонижения со строительством насосных станций и ухудшит условия сушки фрезерного торфа в образующемся котловане.

С учетом перечисленных ограничивающих условий при фрезерном способе добычи торфа пригодными к разработке торфа следует считать месторождения со средней глубиной залежи не менее 1,0 м и промышленными запасами торфа 50 тыс. т и более. Этим требованиям могут соответствовать торфяные месторождения площадью 30, 20 и 15 га при средней глубине торфа соответственно 1,0; 2,0 и 3,0 м.

Доработку торфа глубокозалежного месторождения (с начальной глубиной залежи более 3,0 м) возможно осуществлять фрезерным (в случае заготовки торфа повышенной влажности на нужды сельского хозяйства) или экскаваторным способом с получением кускового топлива и сушкой формованной продукции на суходолах.

Учитывая изложенное и в соответствии с условиями сушки нами при выборе торфяных месторождений с пригодными для добычи торфа запасами принимались месторождения площадью > 50 га и средней глубиной не менее 1,0 м.

На основании изучения современного состояния и использования торфяных месторождений и в соответствии с изложенным выше методическим подходом был осуществлен выбор пригодных для разработки торфяных месторождений, прогнозно оценены запасы торфа на них, а

также показано, сколько и в каких фондах его находится.

Брестская область. Равнинность территории, малый уклон поверхности, огромная водосборная площадь и низкая дренированность мощных песчаных отложений привели к перенасыщению водой, заболачиванию и заторfovыванию больших территорий. Особенности водно-минерального питания и геоморфология поверхности обусловили развитие и формирование здесь обширных по площади, часто мелкозалежных торфяных месторождений преимущественно низинного типа. Мелкоконтурных торфяных месторождений с площадью < 50 га относительно мало, и запасы торфа на них незначительные – менее 6 % от общих по области.

Анализ торфяного фонда Брестской области, его современного состояния и использования показывает, что в западных районах области (Малоритский, Жабинковский, Брестский, Ивановский, Каменецкий) торфяных месторождений с пригодными для разработки запасами торфа нет или очень мало. Максимальные его запасы сосредоточены в Ивацевичском, Столинском, Ляховичском и Пинском районах. Установлено, что из 534 торфяных месторождений лишь на 125 имеются пригодные для добычи запасы торфа. Наличие пригодных для разработки торфяных месторождений и их распределение по целевым фондам показаны на рис. 1, 2.

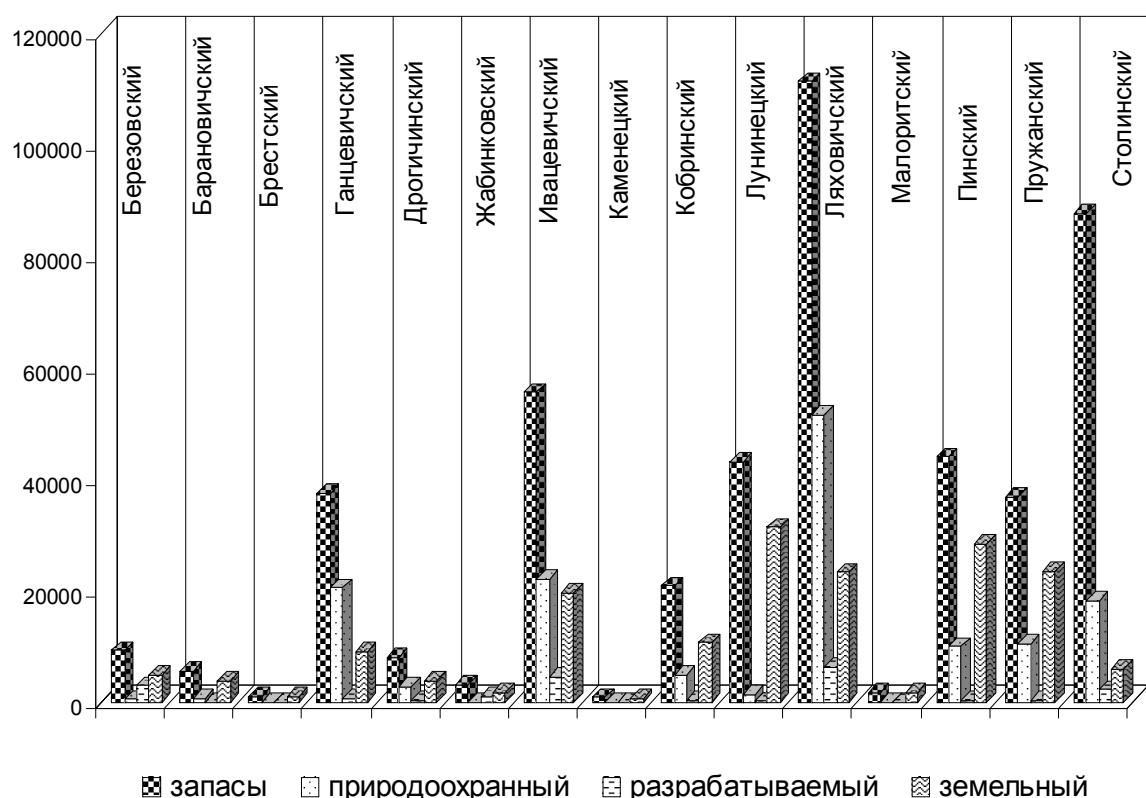


Рис. 1. Распределение торфяного фонда Брестской области (тыс. т)

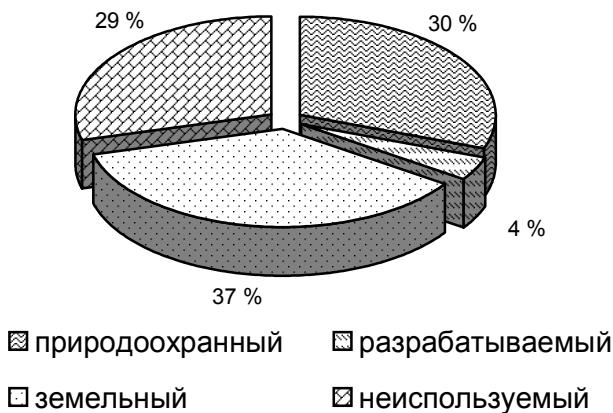


Рис. 2. Распределение запасов торфа по фондам Брестской области

Витебская область. Анализ природно-геоморфологических условий образования и современного состояния торфяных месторождений и торфяного фонда Витебской области выявил, что по запасам торфа районы области условно можно разделить на четыре группы обеспеченности пригодными для разработки торфяными ресурсами (рис. 3): очень низкая (Оршанский, Толочинский, Поставский, Лиозненский районы), низкая (Бешенковичский, Дубровенский, Лепельский, Миорский, Полоцкий, Россонский, Ушачский районы), средняя (Браславский, Верхнедвинский, Витеbsкий, Глубокский, Городокский, Докшицкий, Дубровенский, Лепельский, Миорский, Оршанский, Полоцкий, Поставский, Россонский, Сенненский, Толочинский, Ушачский, Чашницкий, Шарковщинский, Шумилинский районы).

Наличие выявленных пригодных для разработки запасов торфа, их распределение по районам области и в целевых фондах показаны на рис. 3, 4.

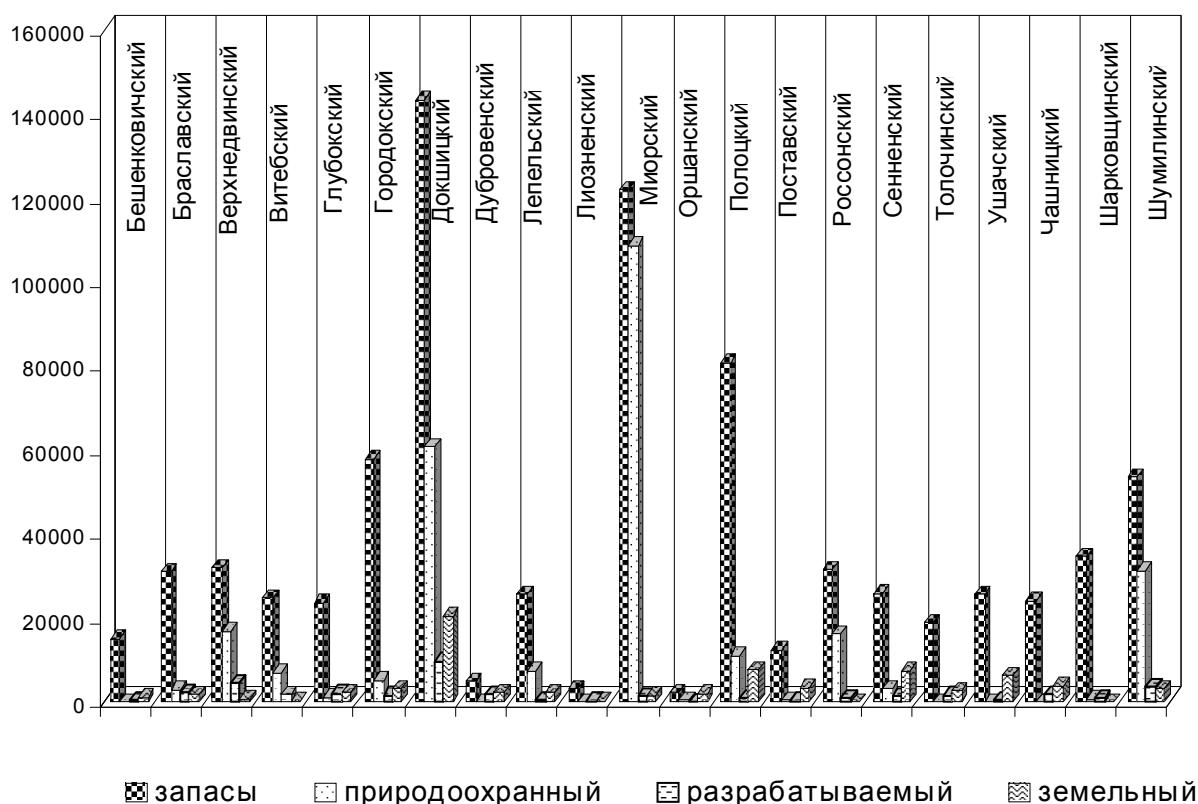


Рис. 3. Распределение торфяного фонда Витебской области (тыс. т)

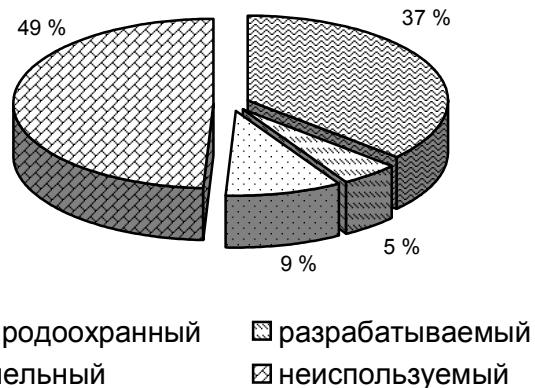


Рис. 4. Распределение запасов торфа по фондам Витебской области (тыс. т)

Из 3 477 имеющихся в Витебской области торфяных месторождений на 454 есть пригодные для добычи запасы в объеме 790,6 млн т.

Гомельская область. Эта область занимает две провинции: Предполесскую вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов и Полесскую – аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов. Граница между этими провинциями проходит по линии Жлобин – Буда-Кошелево – Гомель. Предполесье занимает около 1/6 территории области, ландшафт несколько всхолмленный. Условия формирования ландшафта и гидрологического режима предопределили генезис преимущественно глубокозалежных торфяных месторождений эвтрофного типа. Основная же территория области – центральная часть – представляет собой плоскую равнину со слабым уклоном к Днепру, Припяти и их притокам. Формирование рельефа поверхности осуществлялось смытом песчаных отложений в процессе таяния ледников, в основном Сожского оледенения. Здесь, наряду с мощными песчаными отложениями и сглаженным рельефом, встречаются холмисто-моренные отложения с довольно глубокими и обширными впадинами. Равнинность поверхности, малый уклон, незначительная пересеченность с мощными отложениями песчаных толщ и низкой их дренированностью создали благоприятные условия для болотообразовательных процессов с развитием крупных торфяных месторождений. В восточной и северо-восточной частях области, где поверхность волнистая, расчлененная сетью речных долин и оврагов, сформировавшаяся в результате передвижения талыми водами Сожского оледенения песчаных наносов и обнажения морен, с хорошей дренированностью и большими уклонами поверхности, условия для образования торфа и его накопления значительно худшие. Регион характеризуется низкой заторфованностью и наличием большого количества малых торфяных месторождений. Особенности формирования геоморфологии поверхности, гидрологии, гидрохимии и геохимии питающих вод северо-восточной

части области обусловили развитие здесь малых и средних по величине торфяных месторождений преимущественно низинного типа. Мелкоконтурные и мелковалежные не пригодные для разработки, а также выработанные торфяные месторождения составляют 77 % их общего количества. Всего в области выявлено 306 торфяных месторождений с пригодными для добычи запасами торфа. Эти запасы составляют 591,4 млн т. Наибольшие запасы торфа, которые могут представлять интерес для добывающей отрасли, выявлены в Лельчицком районе, несколько меньшие – в Калинковичском, Житковичском, Октябрьском, Хойникском, Петриковском и Жлобинском районах (рис. 5). Наличие пригодного для добычи торфа в целевых фондах Гомельской области отражено на рис. 6.

Гродненская область. Территория области представляет собой обширную впадину, состоящую из Неманской песчаной низины и Лидской пологоволнистой моренной равнины, окруженнных краевыми образованиями из отрогов Белорусской гряды, Ошмянской, Новогрудской, Слонимской, Волковысской и Гродненской возвышенностей. Лидская моренная равнина изрезана многочисленными притоками Немана. Наиболее крупные из них: Западная Березина, Нарва, Гавья, Лидейка, Дитва и Котра, впадающие в Неман с правой стороны. Левобережные притоки – Щара, Зельвянка, Рось, Свислочь – своими долинами прорезают расположенные на юге возышенности южного отрога Белорусской гряды и обширную крупнохолмистую увалистую равнину, сильно измененную послеледниковой эрозией. Такой характер геоморфологической ситуации Гродненской области определил развитие торфяных месторождений, которые коренным образом отличаются от всех остальных регионов Беларуси немногочисленностью геоморфологических групп. В основном это пойменные, пойменно-притеррасные торфяные месторождения, а также менее многочисленные месторождения, залегающие в сточных и проточных котловинах. Единичными экземплярами представлены торфяные месторождения водораздельного залега-

ния. Геоморфология и гидрохимический режим питания предопределили и типы торфяных образований – преимущественно эвтрофного характера. Природные условия области требуют особенно внимательного отношения к принятию решения о разработке торфяных месторождений и последующих направлений использования выработанных площадей. В области из 442 торфяных месторождений антропогенному воздействию подверглось 321, что составляет 72,6 %. Поэтому перспективные для разработки месторождения имеются фактически только в земельном фонде. На основании анализа геоморфологических и гидрологических условий залегания, качества и

запасов торфа определены пригодные для разработки торфяные месторождения вне зависимости от их современного использования. Выявлено, что в области только на 121 торфяному месторождению есть пригодные для разработки запасы торфа в количестве 173,4 млн т. Наличие такого торфа в существующих фондах и распределение по районам области отражены на рис. 7, 8. Как видно из приведенных данных, основные запасы сосредоточены в Вороновском и Лидском районах. В Берестовицком, Волковысском, Дятловском, Зельвенском и Новогрудском районах его запасы крайне малы и не могут представлять интереса для торфодобывающей отрасли.

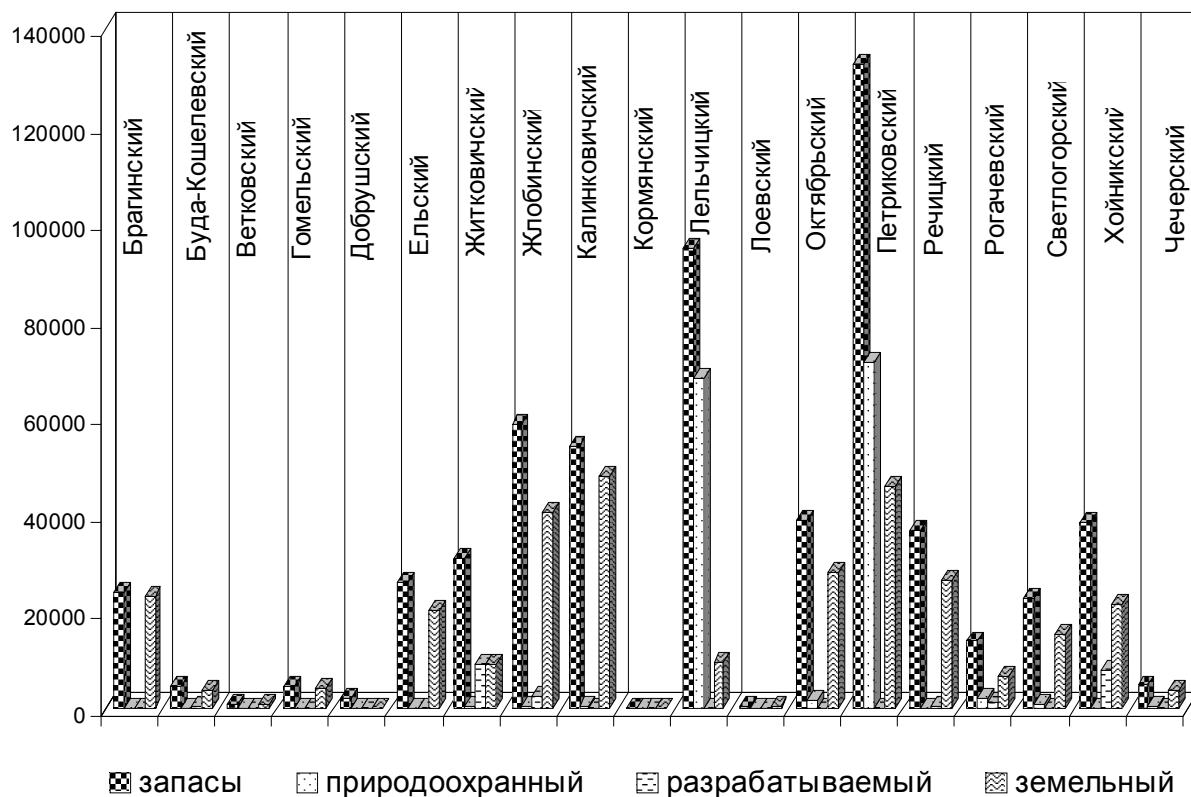


Рис. 5. Распределение торфяного фонда Гомельской области (тыс. т)

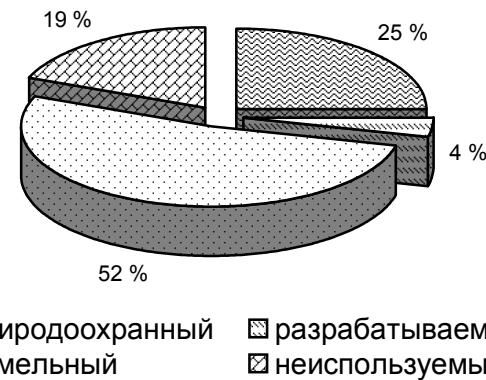


Рис. 6. Распределение запасов торфа по фондам Гомельской области

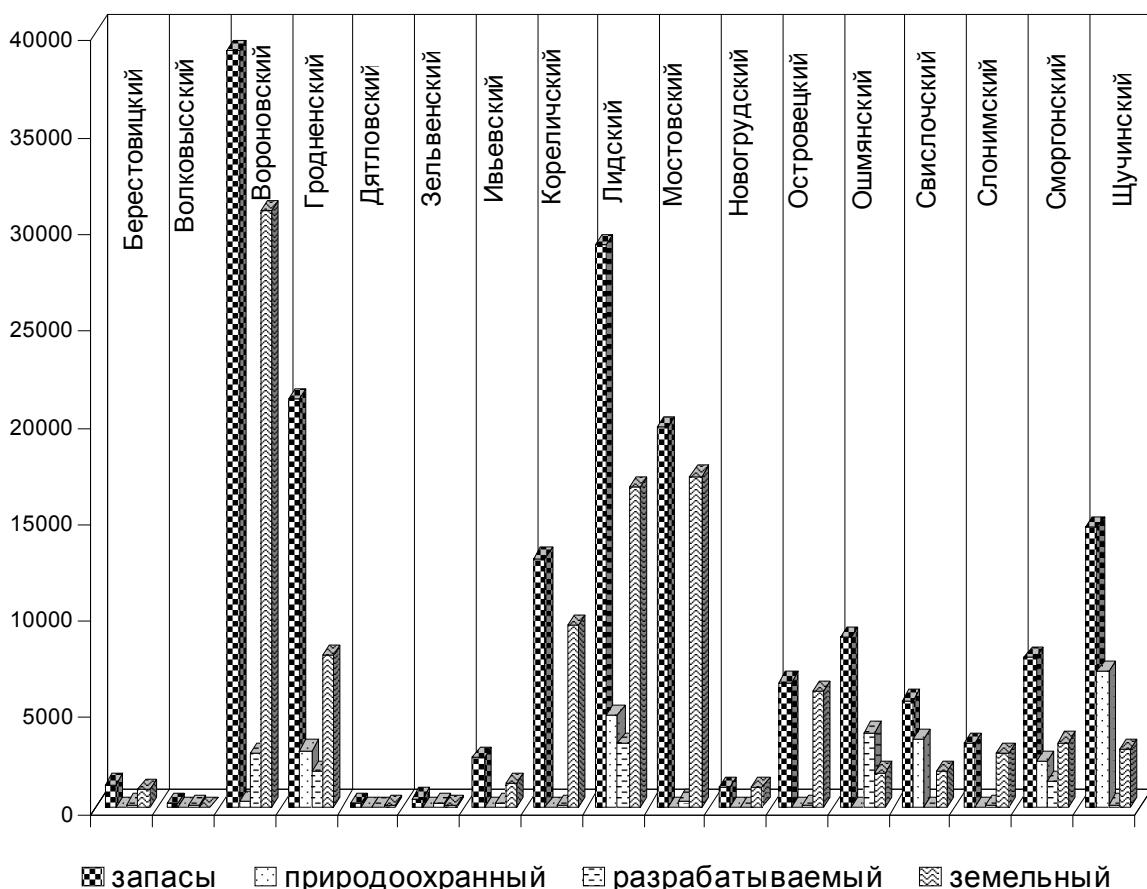


Рис. 7. Распределение торфяного фонда Гродненской области (тыс. т)



Рис. 8. Распределение запасов торфа по фондам Гродненской области

Минская область. Область занимает центральную часть республики. Геоморфологические условия довольно контрастные. В центре области находится Минская возвышенность, а на юге – Копыльская гряда, которые окружены довольно пологими равнинами. С севера их охватывает Нарочанско-Вилейская низина, с запада – Принеманская низина, с востока – Центрально-

Березинская равнина, а южная часть представлена Предполесьем. Такая пестрота рельефа поверхности обусловила развитие как крупных торфяных месторождений, образовавшихся в поймах рек, так и мелких – на террасах, в сточных и бессточных котловинах, во впадинах и иных понижениях. Богатое водно-минеральное питание обусловило эвтрофную стадию форми-

рования месторождений. Как правило, это крупные или средние по размерам месторождения. Мелкоконтурные месторождения образовались в сточных и бессточных котловинах и иных впадинах. В центральной и северной частях области они глубокозалежные, в южной, как правило, мелкозалежные. На водоразделах при бедном водоно-минеральном питании сформировались как крупные, так и средних размеров торфяные месторождения верхового типа. В Центральной и Предполесской провинциях аллювиальных террасированных болотных ландшафтов, которые сформировались под воздействием рек Берези-

на, Неман и их притоков, а также притоков Припяти в их поймах, в условиях богатого минерального питания образовались преимущественно крупноконтурные, но мелкозалежные торфяные месторождения низинного типа.

Анализ современного состояния и использования, качественной и количественной характеристики торфа и месторождений, а также условий их образования показал, что лишь на 401 месторождении имеются запасы пригодного для добычи торфа в количестве 810,9 млн т, основная часть которого находится в земельном и природоохранном фондах (рис. 9, 10).

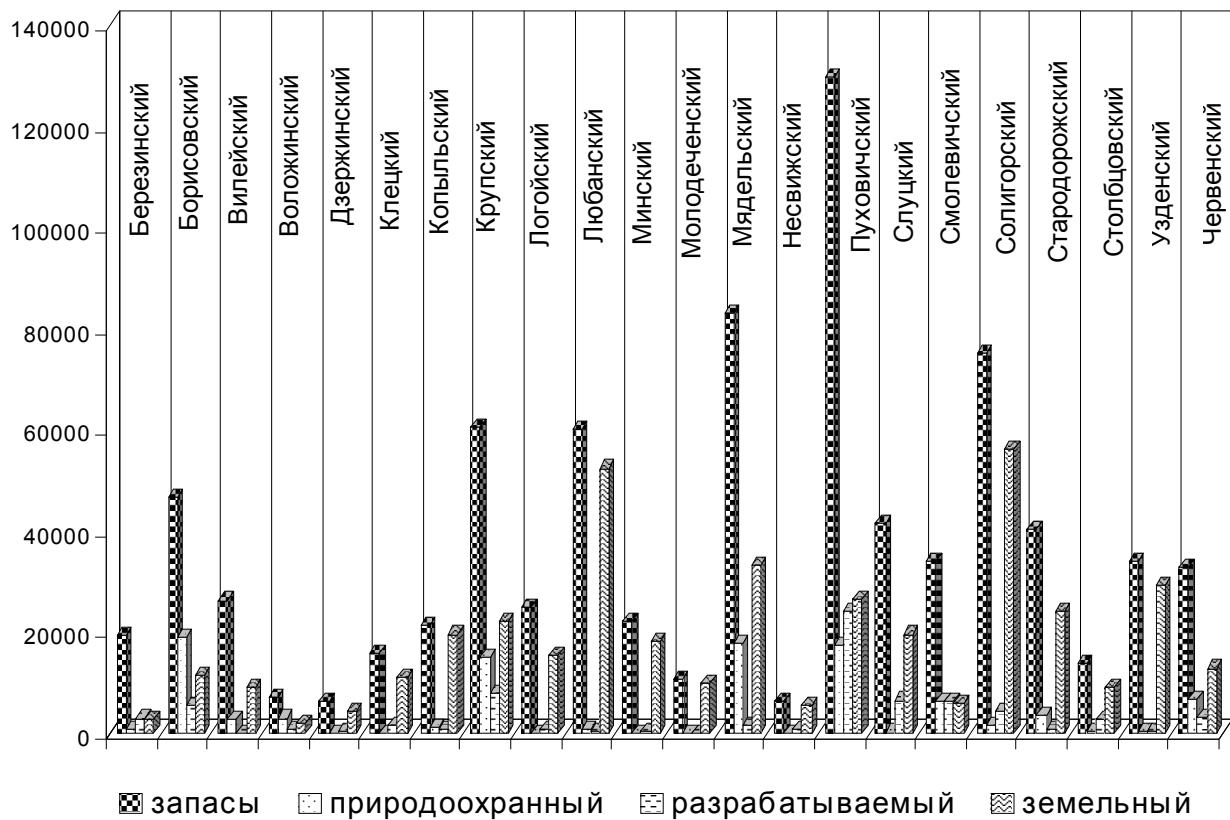


Рис. 9. Распределение торфяного фонда Минской области (тыс. т)

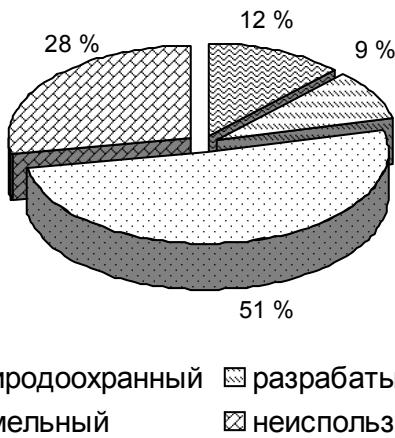


Рис. 10. Распределение запасов торфа по фондам Минской области

Могилевская область. Как показал анализ геоморфологических и гидрологических условий формирования месторождений, качественного состава торфа и характеристик месторождений, пригодных к разработке запасов торфа в области ограниченное количество (рис. 11). Основные запасы пригодного для разработки торфа сосредо-

точены в земельном и природоохранном фондах (рис. 12). Наибольшие запасы его залегают в Белыничском, Осиповичском и Глусском районах.

В области из 1 767 торфяных месторождений лишь на 273 имеются пригодные для добычи запасы торфа.

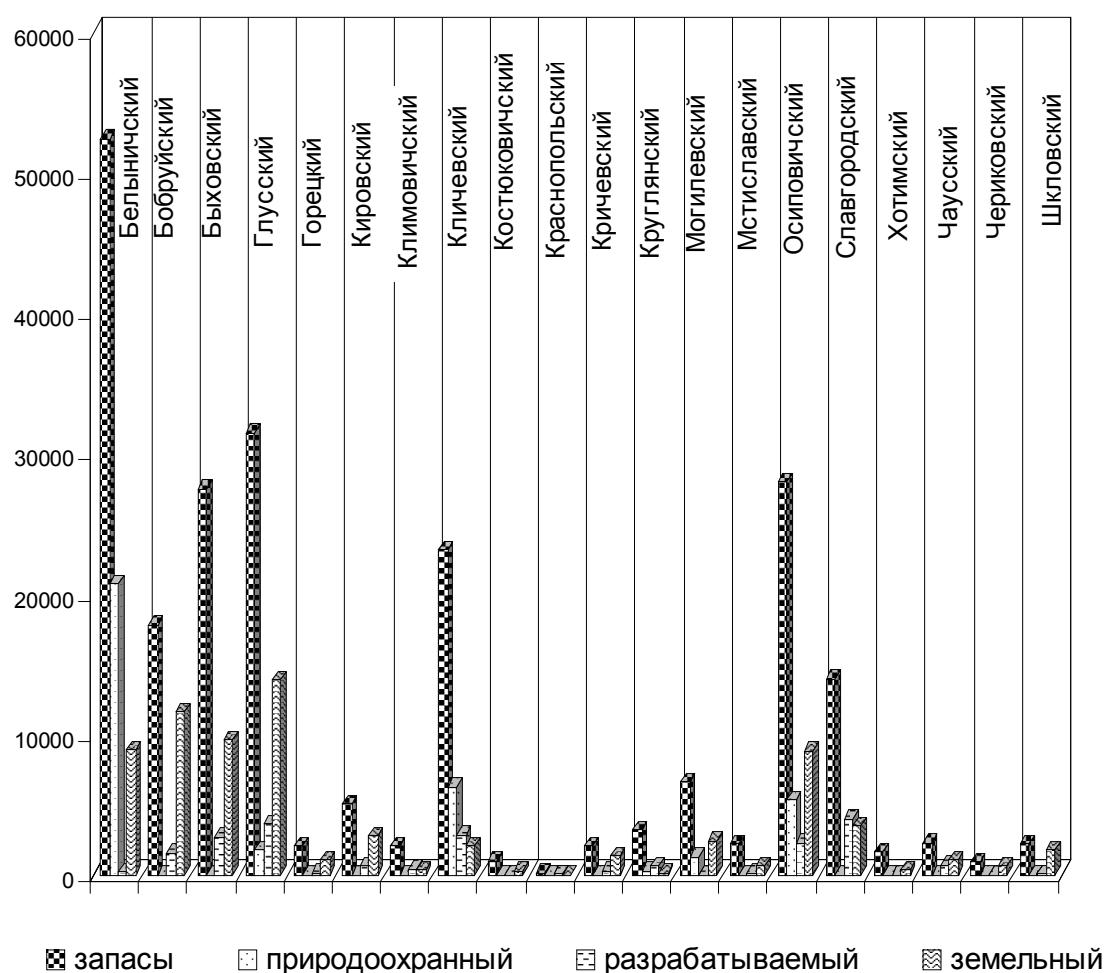


Рис. 11. Распределение торфяного фонда Могилевской области (тыс. т)



Рис. 12. Распределение запасов торфа по фондам Могилевской области

Всего в республике выявлено 1 680 торфяных месторождений с пригодными для добычи запасами торфа, что составляет 18,3 % общего

количество месторождений. Запасы торфа на них достигает 3 057 млрд т (таблица, рис. 13).

Таблица. Современное распределение промышленных запасов торфа в Республике Беларусь

Области	Количество торфяных месторождений с промышленными запасами	Промышленные запасы торфа при условной влажности, в том числе по фондам, тыс. т			
		всего, с учетом запасного фонда	в природоохранном	в разрабатываемом	в земельном в нераспределенном остатке
Брестская	125	465 472	141 831	18 339	168 897
Витебская	454	790 640	271 487	35 271	70 169
Гомельская	306	591 438	147 538	24 010	308 177
Гродненская	121	173 456	20 746	14 302	103 692
Минская	401	810 869	95 570	70 311	399 242
Могилевская	273	225 558	35 560	19 984	70 880
Итого:	1 680	3 057 433	712 732	182 217	1 121 057
					949 021

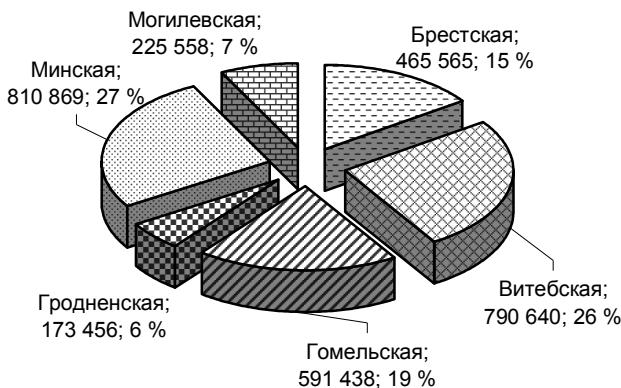


Рис. 13. Запасы торфа по областям республики (тыс. т)

Таким образом, приведенный выше анализ показывает, что в Беларуси имеются достаточно большие потенциально пригодные для добычи запасы торфа. Однако для выбора возможных к разработке торфяных месторождений необходимо уточнить их современное состояние и использование, выявить геоморфологические особенности залегания, возможные последствия их разработки для окружающей среды, определить экологосовместимые технологии разработки месторождений и направления последующего использования выработанных площадей. На осно-

вании полученных данных с учетом критериев отнесения торфяных месторождений в природоохранный фонд необходимо осуществить перераспределение потенциально возможного для разработки торфяного фонда. Кроме этого, следует разработать концепцию рационального использования торфяного фонда Республики Беларусь на период до 2020 г., уточнить формулировки терминов и определений, связанных с торфом, торфяными месторождениями и продукцией, получаемой из торфа.

Л и т е р а т у р а

- Гаврильчик А. П., Мультан С. Т., Навоша Ю. Ю. и др. Концепция целесообразности и возможности перераспределения торфяного фонда по направлениям использования // Природопользование. 2006. Вып. 12. С. 99–103.
- Гаврильчик А. В., Лис А. В., Костюков А. С. Что такое выработанные торфяные месторождения? // Природопользование. 1999. Вып. 5. С. 120–122.
- Гаврильчик А. П., Мультан С. Т. Новый подход к формированию кадастра торфяного фонда Республики // Материалы международной конференции. Мин., 1999. С. 23.
- Гаврильчик А. П., Лис А. В., Терентьев А. А. Рациональное использование торфяного фонда Беларусь // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии. Мин., 1997. С. 20–23.
- Гаврильчик А. П. Превращения торфа при добыче и переработке. Мин., 1992.
- ГОСТ 21123-85 Торф, термины и определения. Мин.: Изд-во стандартов, 1985.
- Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 440 от 25 ноября 1991 г.

**А. П. Гаврильчик, С. Т. Мультан, Ю. Ю. Навоша, Н. В. Будник,
Т. А. Пискунова, В. В. Вороно, А. В. Осипов, А. В. Лис**

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ В РЕСПУБЛИКЕ
ПРИГОДНЫХ К РАЗРАБОТКЕ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Обоснована методика отнесения торфяных месторождений к потенциально пригодным для разработки. Определены потенциально пригодные к разработке запасы торфа во всех административных районах республики и их количество в существующих целевых фондах. Показано, что максимальное количество такого торфа сосредоточено в земельном фонде во всех областях республики, за исключением Витебской. В последней он находится преимущественно в природоохранном фонде и нераспределенном остатке.

**A. P. Gavrilchik, S. T. Multan Y. Y. Navosha, N. V. Budnik,
T. A. Piskunova, V. V. Vorono, A. V. Osipov, A. V. Lis**

**A FORECAST ASSESSMENT OF AVAILABILITY OF
SUITABLE FOR MINING PEAT DEPOSITS IN THE REPUBLIC**

The procedure of referring of peat deposits to potentially suitable for mining has been substantiated. Potentially fitting to be mined peat reserves in all administrative districts of the Republic and their number in the existing target funds have been identified. It was shown that maximum of such peat is concentrated in land fund in all republic's districts except for Vitebsk. In the last one it is mainly in nature protective fund and in undistributed remainder.

Л. А. Кравчук

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДОВ

Изложена методология дифференцированной оценки уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационного комплекса городов, которая включает методы и процедуру оценки по основным критериям: озелененности функциональных зон, обеспеченности населения ландшафтно-рекреационными территориями, состоянию и устойчивости насаждений к факторам городской среды, биологическому разнообразию территорий, а также интегральную оценку уровня организации.

Важным механизмом устойчивого функционирования урбанизированных территорий является рациональное, экологически обоснованное планирование и управление их развитием. При этом организация сбалансированной структуры ландшафтно-рекреационного комплекса (ЛРК) в городах является одной из ведущих задач, определяющей качество городской среды и комфортную среду обитания населения.

Существующая практика геоэкологической оценки и картографирования, планирования и управления ЛРК городов часто оставляет вне поля зрения такие важные особенности его организации, как функциональная специфика, соответствие существующих и создаваемых ландшафтно-рекреационных объектов потребностям населения, состояние и устойчивость к факторам городской среды, биологическое и ландшафтное разнообразие.

В последние годы в ряде городов Беларуси в связи с интенсивным градостроительным освоением, а также ростом антропогенных нагрузок на городские ландшафты отмечается тенденция к ухудшению состояния растительности, уменьшению уровня озелененности городских территорий, показателей обеспеченности населения ландшафтно-рекреационными территориями, снижению ландшафтного и биологического разнообразия [4, 13, 18].

Эти проблемы во многом обусловлены отсутствием методологии дифференцированной оценки структурно-функциональной организации ЛРК городов, согласованной с современными научными подходами и нормативными требованиями, учитывающей функциональные и социальные аспекты формирования ландшафтно-рекреационного комплекса.

Все компоненты ЛРК в городах выполняют значимые экологические и социальные функции (сансирующие, рекреационные, средообразующие, природоохранные, архитектурно-планировочные и др.). Поэтому определение соответствия его структуры выполняемым функциям (структурно-функциональной организации) весьма актуально при оценке, планировании и разра-

ботке мероприятий по сохранению и развитию ЛРК в городах. Важным этапом оценки является отображение полученной информации на картографической основе.

Структура ландшафтного комплекса в белорусских городах детерминирована особенностями физико-географических, исторических условий их формирования, регулируется социально-экономическими механизмами развития и культурными традициями. Специфика многих городов Беларуси состоит в значительной доле малотрансформированных природных ландшафтов в их составе. Поэтому научно обоснованная интеграция их в городскую среду с учетом потребности горожан и ландшафтно-экологических особенностей является одной из проблем, требующих системного подхода.

Ландшафтно-рекреационные территории (ЛРТ) – озелененные территории, предназначенные для организации рекреационной деятельности, выполнения санитарно-гигиенических, средообразующих, природоохранных, архитектурных и других функций [17]. Они являются важнейшей составляющей природно-техногенного комплекса городов и неотъемлемой частью их архитектурно-планировочной структуры. Система взаимосвязанных генезисом и функциями естественных, антропогенно измененных и культурных ландшафтов (лесных массивов, лесо-, луго-, гидропарков, парков, скверов, бульваров, водно-зеленых систем, озелененных территорий жилой, производственно-коммунальной и общественной застройки, а также резервных озелененных пространств) слагает ландшафтно-рекреационный комплекс города.

Организацию ЛРК возможно оценить на различных уровнях обобщения – для города в целом, в разрезе административных или планировочных районов. Однако наиболее информативной для целей планирования и управления является более детальная оценка, дифференцированная в разрезе основных архитектурно-планировочных единиц – кварталов (микрорайонов) застройки, функциональных зон, рекреационных объектов.

Экологический потенциал городских ландшафтов и растительности в их структуре (санитарный, почво-, водоохраный, средообразующий, природоохраный и др.) во многом определяется видовым и возрастным составом насаждений, их полнотой, соотношением основных элементов озеленения, состоянием и устойчивостью к факторам городской среды. Рекреационный потенциал зависит от площади доступных для использования и рекреационной привлекательности ЛРТ (благоустройства и эстетических качеств), доли участия естественных растительных сообществ в составе ЛРК.

Опыт геоэкологических исследований в городах Беларусь показал, что для оценки уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационного комплекса городов целесообразно использовать следующие критерии [6]:

озелененность функциональных зон;

обеспеченность населения ЛРТ местного, районного и городского значения;

соотношение основных элементов озеленения в функциональных зонах;

состояние растительности;

устойчивость растительности к основным факторам негативного воздействия городской среды (загрязнению воздуха, рекреации);

благоустройство ландшафтно-рекреационных территорий;

биологическое и ландшафтное разнообразие.

Данные показатели в комплексе определяют эффективность выполнения ЛРК городов основных функций. Для ряда критериев разработаны методические подходы к их дифференцированной оценке [3–5], значения некоторых показателей регламентированы в Беларусь нормативными правовыми документами [3, 12, 17].

Озелененность функциональных зон города является одним из важнейших показателей, определяющих эффективность выполнения растительностью основных функций в структуре природно-техногенного комплекса, и во многом определяет устойчивость урбозоисистем, а также комфортность городской среды для населения.

Уровень (степень) озелененности функциональной зоны определяется как отношение площади озелененных территорий в ней к общей площади функциональной зоны, выраженное в процентах.

Процедура дифференцированной оценки уровня озелененности основных функциональных зон городской территории включает следующие этапы:

выявление и картографирование функциональной структуры города;

определение площади озелененных территорий в разрезе основных структурно-планировочных единиц организации городской территории, их дифференциация по функциональной принадлежности;

расчет уровня озелененности функциональных зон;

соотнесение данных по озелененности функциональных зон с действующими нормативными требованиями;

отображение данных на картографической основе.

При оценке соответствия нормам озелененности основных функциональных зон городов Республики приоритетными являются регламенты нормативных правовых актов [3]. Для ряда городов Беларусь в генпланах разработаны индивидуальные регламенты озелененности, учитывающие социально-экономические и экологические особенности городов [2].

Тип функционального назначения городской территории определяется на основании сведений о функциональном зонировании города (материалы генеральных планов городов, картографические материалы); подтип жилой застройки – по показателям плотности населения [17].

Фактическая площадь озелененных территорий той или иной функциональной зоны определяется с использованием современных крупномасштабных картографических материалов, данных учета либо дистанционных методов (декодирования аэрофото-, космических изображений) [7].

При оценке площади озелененных территорий жилых зон учитывается суммарная площадь внутридворовых скверов, садов, внутридворовых и придомовых насаждений, озелененных территорий общественных центров, не имеющих ограничений в доступе для граждан. Для жилой застройки, находящейся в границах санитарно-защитных зон, нормативные показатели озелененности увеличиваются на 15 % [17].

Обеспеченность населения ландшафтно-рекреационными территориями (норма озеленения) – важный социально-экологический показатель уровня структурно-функциональной организации ЛРК города. Действующие в Беларусь нормативные требования определяются размером города и дифференцированы по категориям значения ЛРТ [17].

Основными этапами расчета показателей обеспеченности населения ландшафтно-рекреационными территориями являются [5]:

поквартальная дифференциация застроенной территории;

определение вида, площади и местоположения ЛРТ;

определение коэффициента рекреационной значимости каждого объекта озеленения;

выделение на картографической основе радиуса доступности для каждого объекта озеленения в соответствии с его категорией;

расчеты численности населения в квартилах, находящихся в радиусе доступности к ландшафтно-рекреационному объекту;

расчеты показателей обеспеченности населения ЛРТ общего пользования, включающие оценку удельных и суммарных показателей обеспеченности;

расчеты показателя обеспеченности населения озелененными территориями в границах жилой застройки (в разрезе кварталов, микрорайонов).

Коэффициент рекреационной значимости отражает уровень благоустройства ЛРТ, степень их антропогенного преобразования. Использование данного коэффициента при расчетах обеспеченности связано с тем, что значительная часть ЛРТ в городах Беларуси являются сравнительно малотрансформированными естественными ландшафтами, не приспособленными к рекреационному использованию, по структуре малоустойчивыми к нагрузкам. Для неблагоустроенных территорий природного комплекса он может быть выражен отношением величины предельно допустимой рекреационной нагрузки на естественный ландшафт, соответствующей его типу, и показателя средней рекреационной нагрузки для благоустроенных ЛРТ (40 чел./га). При этом предельно допустимая рекреационная нагрузка – число отдыхающих, одновременное присутствие которых на единице площади за единицу времени не приводит к разрушению структуры ландшафта или нарушению его функций. Допустимые рекреационные нагрузки на естественные ландшафты оцениваются согласно работе [15]. Коэффициент рекреационной значимости для благоустроенных территорий (парков, скверов, садов, бульваров, озелененных территорий общественных центров, водно-зеленых систем) принимается за единицу, для лесопарков – 0,3, лугопарков – 0,4 [17], рекреационных лесов в среднем – 0,25, резервных территорий природного комплекса нелесного типа – 0,2.

Радиус доступности ЛРТ общего пользования (максимальное расстояние и время, необходимое для достижения гражданами рекреационных объектов) зависит от их вида. Для парков, центров отдыха и развлечений, лесопарков, рекреационных лесов, лугопарков, озелененных территорий вблизи водных объектов (водно-зеленых систем) радиус составляет 2–4 км (20-минутная транспортная или 30-минутная пешеходная доступность); скверов, садов, бульваров, озелененных территорий общественных центров – 1 км (радиус 15-минутной пешеходной доступности) [2, 5, 17].

Определение вида, площади, местоположения и степени антропогенной трансформации ЛРТ проводится в соответствии с паспортом его технической инвентаризации, с использованием современных картографических материалов или дистанционных методов (декодирование космо-, аэрофотосъемки) [7], а также натурных обследований.

При оценке показателей обеспеченности населения озелененными территориями в границах жилой застройки учитываются внутридворовые и придомовые насаждения жилой многоэтажной застройки, озелененные участки с декоративными и плодово-ягодными растениями на участках усадебной застройки, озелененные территории общественных центров, не имеющих ограничений в доступе. При этом не учитываются озелененные территории научно-образовательных (детских дошкольных учреждений, общеобразовательных школ, гимназий и др.), лечебно-оздоровительных (больниц, госпиталей и др.), торжественно-бытовых, производственно-коммунальных и административно-деловых объектов, находящихся на территории жилой застройки, но имеющих ограничения в доступе к ним граждан, а также санитарно-защитные посадки вдоль дорог.

Расчет показателя обеспеченности населения ЛРТ общего пользования для каждого квартала жилой застройки производится в два этапа:

1) расчет **удельного показателя обеспеченности** (O_d) одного человека от каждого ландшафтно-рекреационного объекта общего пользования, расположенного в пределах регламентируемого радиуса доступности, производится согласно формуле:

$$O_d = S_{LRT} k_r / \sum_{i=1}^n N_i , \quad (1),$$

где: S_{LRT} – площадь ландшафтно-рекреационной территории, м²; k_r – коэффициент рекреационной значимости ЛРТ; N_i – численность населения в выделе картографирования (квартале, группе кварталов, микрорайоне), находящегося в радиусе доступности, чел.; n – число кварталов в пределах радиуса доступности к рекреационному объекту;

2) расчет **суммарного показателя обеспеченности** одного человека в определенном квартале всеми ландшафтно-рекреационными территориями общего пользования, находящимися в радиусе регламентированной доступности, производится суммированием соответствующих удельных показателей обеспеченности.

При расчетах показателей обеспеченности населения ЛРТ общего пользования следует учитывать парки, скверы, сады, бульвары, озелененные территории общественных зон, не имеющих ограничений в доступе для граждан, озелененные территории водно-зеленых систем, лесо-, лугопарки, экспозиционная часть ботанических, зоологических садов, памятников природы, заказников с соответствующими коэффициентами рекреационной значимости. Не следует учитывать: озелененные территории, находящиеся в зонах высокого техногенного воздействия на среду (санитарно-защитных зонах пред-

приятий, коммуникаций); озелененные территории ограниченного пользования и специального назначения, линейные посадки вдоль улиц, железных дорог; территории, используемые для производства сельскохозяйственной продукции. В расчет также не принимаются насаждения, находящиеся за естественными препятствиями (водными объектами, оврагами, балками и др.) или искусственными преградами (железной дорогой, производственно-коммунальными зонами и др.), затрудняющими доступ граждан к объектам озеленения.

В составе природно-техногенного комплекса многих городов Беларуси значительные площади занимают так называемые прочие и резервные озелененные территории. Они представлены неблагоустроенным или частично благоустроенным территориями с древесно-кустарниковой растительностью, болотами, пойменными и суходольными лугами, оврагами, балками, насаждениями, сохранившимися после сноса индивидуальной застройки, плодовыми садами и питомниками, утратившими производственное значение. Учитывая незначительную антропогенную преобразованность ландшафтов, превалирование естественной растительности, их санитарно-защитная роль и значение в сохранении биологического и ландшафтного разнообразия города высоки. Как правило, они активно используются горожанами для повседневной рекреации, особенно при отсутствии вблизи жилых массивов благоустроенных объектов рекреации. Для оценки перспектив развития ЛРК города важно оценить вклад таких территорий в обеспеченность населения ЛРТ (с учетом соответствующих коэффициентов рекреационной значимости и радиуса доступности).

Уровень обеспеченности определяется отношением ее фактических показателей и значений соответствующих нормативных требований [17].

Соотношение основных элементов озеленения отражает плотность посадки деревьев, кустарников на озелененной территории. Оптимальное соотношение обеспечивает эффективное функционирование растительности в условиях городов. При организации ЛРТ городов необходимо соблюдать экологически обоснованное соотношение различных элементов озеленения. Низкая плотность посадки деревьев и кустарников приводит к снижению сансирующих свойств растительности, высокая – к ее фитоценотическому угнетению, снижению жизненности и продуктивности растительности, задержанию поллютантов. Плотность посадки деревьев и кустарников в функциональной зоне определяется как отношение количества произрастающих на озелененной территории деревьев и кустарников к ее площади. Соответствие нормативным требованиям плотности посадки деревьев и кустарников в конкретной функциональной зоне опре-

деляется как отношение фактической плотности посадки к рекомендуемым показателям [12]. Источником сведений для этих оценок могут служить данные ведомственного учета насаждений или материалы натурных исследований.

Состояние насаждений является важным показателем оценки уровня организации ландшафтно-рекреационных территорий городов, так как определяет эффективность выполнения растительностью санитарно-гигиенических и защитных функций, а также ее ландшафтно-архитектурные и рекреационные качества. Снижение жизненности растительности приводит к понижению ее газопродуктивного и газопоглотительного потенциала, эстетических качеств, рекреационной привлекательности ландшафтов.

Состояние и устойчивость растительности во многом определяются не только воздействием природных факторов и антропогенных нагрузок, обусловленных ландшафтно-экологическими особенностями городской территории, но и структурой насаждений, произрастающих на них (видовым составом, возрастом посадок), типом их использования, специфичным в различных функциональных зонах, качеством ухода за посадками.

Оценка состояния растительности в городах – процесс сложный, так как здесь она сформирована как из культурных посадок, где естественные механизмы возобновления заменяются культурными (вырубка угнетенных деревьев, формирование кроны, уничтожение естественного подроста), так и насаждений, естественных или смешанных по генезису и основным формам воспроизводства (леса, лесопарки, парки, растительность резервных территорий). Последние на территории городов, с одной стороны, подвержены значительным антропогенным воздействиям (загрязнение воздуха, рекреационные нагрузки, пожары и т. д.), в результате которых сильно трансформируются их структура и функционирование. С другой стороны, они также поддерживаются специальными мероприятиями (рубки ухода, формирования ландшафта, уборка территорий от отпада, посадки и т. п.).

Методические подходы к оценке состояния и устойчивости насаждений городов детально отражены в некоторых публикациях [14]. Процедура оценки и картографирования состояния и устойчивости растительности ЛРТ состоит из трех этапов:

I – предполевой, включающий дифференциацию городской территории на выделы картографирования с учетом функциональной специфики организации городского пространства, индексацию выделов, выбор репрезентативных участков исследования в каждом выделе (функциональной зоне), сбор научной и ведомственной информации для обследуемой площади, подготовку СУБД и ГИС, техническую подготовку к полевым работам;

II – полевой, включающий натурные исследования структуры и состояния насаждений на репрезентативных участках функциональных зон города с заполнением ведомостей обследования, отбор образцов для флористических, аналитических, морфофизиологических, фитопатологических определений;

II – камеральный – обработка данных полевых работ: идентификация трудно определяемых видов флоры, энтомовредителей и заболеваний растений, расчет показателей состояния и устойчивости насаждений, формирование баз данных, экстраполяция данных на элементарный выдел картографирования, построение карт-схем, интегральный анализ.

Дифференциацию территории для целей обследования растительности рекомендуется проводить с использованием крупномасштабных карт, планов или схем функционального зонирования городской территории. На застроенной части города выделы картографирования целесообразно формировать в пределах основных архитектурно-планировочных единиц (квартала, микрорайона), где выделяются следующие функциональные зоны: производственно-коммунальные (промышленные, коммунальные и автотранспортные предприятия, объекты энергетики, складские территории и др.), жилые (многоквартирной, индивидуальной и смешанной застройки), транспортные (озелененные территории вдоль улиц, автомагистралей, железных дорог), общественные (административные, культурно-просветительные, научно-образовательные, лечебно-оздоровительные, торгово-бытовые), агропромышленные (сады, сельскохозяйственные угодья, теплично-парниковые хозяйства), санирующие (полигоны отходов, шламохранилища, санитарно-защитные зоны предприятий, коммуникаций), спецтерритории. Такая дробная дифференциация территории обусловлена различиями в состоянии насаждений различных функциональных зон города.

В ранге незастроенных территорий следует выделять отдельные объекты ЛРК (массивы леса, парки, лесо-, лугопарки, сады, скверы, бульвары, резервные озелененные территории и др.). В лесных, лесопарковых насаждениях единицей картографирования может быть выдел леса или лесной квартал, что определяется целями, задачами и материально-информационными ресурсами исследований. Анализ структуры лесного фонда проводится по материалам государственного учета лесов. При этом, если оценка состояния проводится для лесного квартала, выбираются выделы различных лесных формаций, наиболее полно отражающие структуру лесных сообществ квартала. В парках, лугопарках, на резервных территориях (пустыри, закустаренные массивы) целесообразно выделять участки, наиболее полно отражающие видовое разнообразие

насаждений, в случае групп монодоминантных посадок выборочное обследование проводится в каждой группе. Суммарная площадь выборки должна составлять не менее 25 % площади участка картографирования (лесного квартала, парка, лесо-, лугопарка).

Выбор шкал для оценки состояния древесных насаждений определяется целями исследований. При оценке состояния древостоев на застроенной территории используется 5-балльная шкала классов состояния деревьев, основанная на визуально диагностируемых признаках угнетения особи (по степени повреждения ассимиляционного аппарата, % дефолиации, количеству сухих ветвей) [14].

Расчет индексов состояния древостоев производится согласно работе [14]. В качестве показателя интегральной оценки состояния древесных насаждений в выделе картографирования используется **категория жизненного состояния древостоя**. Распределение насаждений по категориям жизненного состояния осуществляется согласно [14], при этом древостои с индексом состояния 90–100 % относятся к категории «здоровые», 80–89 % – «здоровые с признаками ослабления», 70–79 % – «ослабленные», 50–69 % – «поврежденные», 20–49 % – «сильно поврежденные», менее 20 % – «разрушенные».

Использование данного подхода позволяет оценить и отразить на картографической основе как состояние древесных насаждений в целом на элементарном участке картографирования, в определенной функциональной зоне, объекте, так и состояние конкретной породы на изучаемой территории (на объекте, в квартале, функциональной зоне).

Устойчивость ландшафтно-рекреационных территорий и растительности в их составе к факторам городской среды определяет их состояние на текущий момент и эффективность выполнения основных функций с учетом долгосрочной перспективы.

Учитывая то, что основными факторами, действующими на ландшафты в условиях города, являются загрязнение воздуха и рекреационные нагрузки, проводится оценка устойчивости растительности к данным факторам. При этом потенциальная устойчивость древесных насаждений к загрязнению воздуха определяется долей участия в структуре древостоя различных по устойчивости к данному фактору видов [1, 12, 14, 16].

Потенциальная газоустойчивость насаждений рассчитывается как средневзвешенный показатель классов устойчивости (к промышленным газам) древесных пород, представленных в составе древостоя [14]. На основании данных о структуре древостоя в той или иной функциональной зоне, выделе картографирования, а также сведений о газоустойчивости различных

видов, индекс потенциальной структурной газоустойчивости древесных насаждений к тому или иному поллютанту (или их группе) рассчитывается по формуле

$$IS_z = \sum_{i=1}^n \frac{S_i N_i}{N_n}, \quad (2)$$

где IS_z – индекс структурной устойчивости; S_i – класс устойчивости i -го вида к загрязнению воздуха согласно избранной шкале; N_i – число деревьев i -го вида; N_n – число всех деревьев на участке; n – число видов в функциональной зоне (выделе леса).

Шкала категорий устойчивости насаждений в целом определяется выбором шкалы классов устойчивости видов. При выборе 5-балльной шкалы классов устойчивости видов [1, 12] насаждения оцениваются как:

I – очень устойчивые, индекс устойчивости (IS) варьирует в пределах от 1 до 1,5;

II – устойчивые: от 1,6 до 2,5;

III – относительно устойчивые: от 2,6 до 3,5;

IV – малоустойчивые: от 3,6 до 4,5;

V – неустойчивые: свыше 4,5.

Общая устойчивость насаждений к загрязнению воздуха оценивается с использованием данных о категории жизненного состояния древостоев и категории потенциальной устойчивости, при этом общая устойчивость оценивается как очень высокая, высокая, умеренная, низкая, очень низкая или утраченная [14].

Оценка устойчивости насаждений к рекреационным нагрузкам в городах, особенно актуальна для естественных растительных сообществ. Для лесов она проводится на основании выявления стадий дигрессии сообществ. При этом **потенциальная устойчивость насаждений к рекреационным нагрузкам** оценивается с использованием величины экологически допустимой нагрузки на растительность различных формаций, типов и возраста согласно работе [15], при этом насаждения классифицируются как имеющие:

I – очень высокую потенциальную устойчивость к рекреационным нагрузкам: экологически допустимая нагрузка более 6 чел./га в день;

II – высокую: от 4,5 до 6 чел./га в день;

III – умеренную: от 2,5 до 4 чел./га в день;

IV – низкую: от 1 до 2 чел./га в день;

V – очень низкую потенциальную устойчивость: экологически допустимая рекреационная нагрузка менее 1 чел./га в день.

Следует отметить, что при создании культурных посадок и благоустройстве естественных ландшафтов рекреационные нагрузки регулируются за счет формирования оптимальной дорожно-тропиночной сети, инфраструктуры для рекреационного использования объекта, газонов из устойчивых к рекреации травосмесей. Экологически допустимая рекреационная нагрузка для

благоустроенных объектов может варьировать от 40 до 100 чел./га, т.е. изначально такие культуроценоны имеют очень высокую устойчивость к рекреационным нагрузкам. Однако в случае неправильной организации рекреационных потоков и несовершенной системы ухода за насаждениями здесь также иногда отмечается высокий уровень дигрессии напочвенного покрова, снижение жизненного состояния древесных и кустарниковых посадок.

Общая оценка устойчивости насаждений к рекреационным нагрузкам определяется на основании соотношения стадии дигрессии растительности и потенциальной устойчивости к рекреации [14]. При этом общая устойчивость ранжируется по категориям: очень высокая, высокая, умеренная, низкая, очень низкая и утраченная.

Биологическое и ландшафтное разнообразие. Вопросы сохранения естественных ландшафтов и их биотической составляющей на урбанизированных территориях вызывают острые дискуссии. С одной стороны, приверженцы «жесткого» урбанистического направления развития городов, полагают, что сохранение естественных ландшафтов – нерациональное использование городских земель, учитывая их высокую стоимость. К тому же такие территории нуждаются в повышенном внимании и специальных, нетрадиционных формах благоустройства и строительства. Однако, принимая во внимание последние тенденции природосовместимого градостроительства, характерные для стран Западной Европы, США, Латинской Америки, сохранение наиболее ценных участков природного комплекса в виде заказников, природных парков или фрагментов «дикой природы» в структуре города в значительной степени отражается на микроклиматических условиях, ландшафтном разнообразии городов, что, в свою очередь, определяет комфортность городской среды. Важным аспектом данного направления является высокая ценность природных ландшафтов с точки зрения психологических аспектов рекреации. Как выявлено, созерцание многообразия естественных компонентов окружающей среды быстрее снимает основные психофизиологические симптомы урбанистического стресса у людей. Поэтому максимально возможное сохранение биологического и ландшафтного разнообразия городов, наряду с решением важнейших социально-экономических задач, должно стать одним из направлений градостроительной и природоохранной политики государства. Причем следует еще раз подчеркнуть, что на данный момент в структуре ландшафтного комплекса городов Беларуси доля малотрансформированных природных ландшафтов весьма высока, т. е. пока есть возможность что-либо сохранить без применения дорогостоящих технологий реставрации.

Оценка биологического и ландшафтного разнообразия городской территории актуальна для принятия мер по охране при градостроительном освоении уникальных, еще сохранившихся в городах естественных ландшафтов и растительных сообществ. В контексте наших исследований биологическое разнообразие рассматривается как разнообразие видов растений и растительных сообществ на ландшафтно-рекреационных территориях.

Подходы к оценке разнообразия растительности городских территорий – задача достаточно сложная, если учесть их высокую мозаичность, различный генезис, высокую динамику изменения растительных сообществ. В целом подход включает оценку видового разнообразия растительности городских территорий в выделе картографирования (простое альфа-разнообразие). Единицами картографирования являются функциональная зона (на застроенных территориях) и ЛРТ в разрезе отдельных объектов в классе незастроенных земель.

Оценку биологического разнообразия возможно осуществлять для застроенной части города при сопоставлении значений, полученных для конкретных выделов картографирования, со средними показателями видового разнообразия для соответствующих типов функциональных зон; для класса незастроенных земель – путем сопоставления значений видового разнообразия растительности рекреационных территорий с видовым разнообразием сходных ландшафтов в естественных условиях (в разрезе выдела картографирования).

Наиболее существенной проблемой для оценки биологического разнообразия с использованием данного подхода является слабая изученность в этом направлении городских территорий и высокая динамичность изменения флористического состава урбифитоценозов.

Поэтому для оценки биоразнообразия применяются и другие подходы, основанные на качественно-эвристической оценке роли сооб-

ществ в сохранении естественного биологического разнообразия. Например, для лесов проводится оценка роли лесных сообществ определенного типа и возраста в сохранении биологического разнообразия, при этом сообщества оцениваются как имеющие 1 – низкое, 2 – относительно низкое, 3 – умеренное, 4 – высокое, 5 – очень высокое, 6 – исключительно высокое значение в сохранении биологического разнообразия. Наиболее низкие баллы присваиваются лесным культурам и окультуренным пространствам, а наиболее высокие коренным высоковозрастным сообществам хвойных и твердолиственных пород, а также памятникам природы и сообществам с участием редких охраняемых видов.

Для оценки разнообразия используются ведомственные материалы (данные мониторинга, кадастров, материалы учета объектов растительного мира землепользователями и др.), научные публикации, результаты целенаправленных геоботанических и флористических исследований.

Интегральная оценка уровня организации ландшафтно-рекреационного комплекса необходима для выявления наиболее проблемных участков, в которых ЛРТ по всем критериям имеют низкий уровень организации. Уровень организации ЛРК по ряду критериев оценивается по величине соответствия фактических показателей современным нормативным требованиям. Нормативные значения определяются по данным работ [3, 12, 17] либо в соответствии с регламентами генеральных планов городов. Например, для Минска действует около 25 регламентов озелененности различных функциональных зон, из них 10 – для жилых зон, отличающихся типом застройки. Для ряда критериев отсутствуют нормы, ранжирование уровня определяется в соответствии со шкалой. Интегральная оценка по вышеперечисленным критериям проводится с использованием следующей схемы (таблица):

Таблица. Схема интегральной оценки уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий городов

Основные критерии оценки уровня организации ЛРТ	Балл уровня организации ЛРТ (значения показателей) категория уровня организации				
	1	2	3	4	5
Уровень озелененности функциональной зоны (отношение к норме)	(< 0,5) очень низкий	(0,6–0,9) низкий	(1–1,5) удовлетворительный	(1,6–2,0) высокий	(> 2,1) очень высокий
Обеспеченность населения озелененными территориями в жилой застройке (отношение к норме)	(< 0,5) очень низкая	(0,6–0,9) низкая	(1–1,5) удовлетворительная	(1,6–2,0) высокая	(> 2,1) очень высокая
Обеспеченность населения ЛРТ общего пользования (отношение к норме)	(< 0,5) очень низкая	(0,6–0,9) низкая	(1–1,5) удовлетворительная	(1,6–2,0) высокая	> 2,1 очень высокая
Соотношение элементов озеленения – плотность посадки (отношение к норме)	(< 0,5) очень низкая	(0,6–0,9) низкая	(1–1,5) удовлетворительная	(1,6–2,0) высокая	> 2,1 очень высокая

Окончание табл.

Основные критерии оценки уровня организации ЛРТ	Балл уровня организации ЛРТ (значения показателей) категория уровня организации				
	1	2	3	4	5
Общая устойчивость к техногенным нагрузкам (согласно шкале категорий)	Очень низкая, утраченная	Низкая	Умеренная	Высокая	Очень высокая
Общая устойчивость к рекреации (согласно шкале категорий)	Очень низкая, утраченная	Низкая	Умеренная	Высокая	Очень высокая
Благоустройство ЛРТ (категории ухода)	(4) очень низкое	(3) низкое	(2) удовлетворительное	(1) высокое	(«Центр») очень высокое
Биологическое разнообразие (отношение к среднему)*	(< 0,5) очень низкое	(0,6–0,9) низкое	(1–1,5) удовлетворительное	(1,6–2,0) высокое	(> 2,1) очень высокое
Интегральный показатель уровня организации ЛРТ	(1–1,5) очень низкий	(1,6–2,5) низкий	(2,6–3,5) удовлетворительный	(3,6–4,5) высокий	> 4,5 очень высокий

* Для застроенной части города при сопоставлении значений, полученных для конкретных выделов картографирования, со средними показателями видового разнообразия для основных типов функциональных зон; для класса незастроенных земель с той или иной степенью трансформации растительности – сопоставлением значений видового разнообразия растительности с видовым богатством сходных ландшафтов в естественных условиях.

Оценка структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационного комплекса по основным критериям была проведена для ряда городов Беларуси (Минска, Могилева, Витебска, Гродно и др.) в процессе разработки их территориальных комплексных схем охраны природы [8–10]. Результаты оценки нашли отражение в серии тематических дифференцированных картосхем по каждому из критериев, которые позволили выявить проблемные участки в организации ЛРК, рассчитать дефициты и дать рекомендации по оптимизации структуры и устойчивости ландшафтно-рекреационного комплекса в данных городах. Для оперативной оценки и представления текущего состояния, а также изменений при градостроительном освоении для г. Минска разработана информационно-моделирующая система

(ИМС). В ней содержатся сведения об основных показателях уровня организации ЛРК города (в разрезе кварталов, микрорайонов, объектов озеленения), позволяющие моделировать изменения основных показателей в связи с градостроительной ситуацией [11]. ИМС используется государственными органами и проектными организациями, принимающими решения в области обращения с ландшафтно-рекреационными территориями для детальной оценки основных показателей, своевременного обнаружения негативных тенденций в развитии ЛРК, принятия решений по оптимизации и рациональному использованию насаждений города, разработки оптимальной стратегии развития ландшафтно-рекреационного комплекса.

Л и т е р а т у р а

1. **Антипов В. Г.** Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Мн., 1979.
2. Генеральный план г. Минска до 2030 г.: Утв. Указом Президента Республики Беларусь, 23 марта 2003 г., № 165, 2004.
3. Инструкция о порядке государственного учета объектов растительного мира, расположенных на землях населенных пунктов, и обращения с ними (от 29.12. 2004 г. № 40) // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Мн., 2005. Вып. 52. С.120–136.
4. **Кравчук Л. А.** Городские зеленые насаждения Беларуси. Информ. бюллетень № 4 (42). Мн., 2003.
5. **Кравчук Л. А.** Методический подход к дифференциированной оценке показателей обеспеченности населения городов ландшафтно-рекреационными территориями // Природопользование. 2006. Вып. 12. С. 21–25.
6. **Кравчук Л. А.** Основные критерии и методические подходы к оценке уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий городов // Ландшафтovedение: теория, методы, региональные исследования, практика: Материалы XI Междунар. ландшафтной конф. М., 2006. С. 106–108.
7. **Кравчук Л. А., Обуховский Ю. М., Топаз А. А.** и др. Методические подходы к дистанционной оценке структурно-функциональной организации озелененных территорий городов (на примере Минска) // Природные ресурсы. 2004. № 3. С. 65–71.

8. Кравчук Л. А., Самсоненко И. П., Баженова Н. М. Оценка структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий Минска // Природные ресурсы. 2005. № 2. С. 54–63.
9. Кравчук Л. А., Баженова Н. М., Самсоненко И. П. Дифференцированная оценка обеспеченности населения г. Минска ландшафтно-рекреационными территориями // Природные ресурсы. 2006. № 3. С. 76–84.
10. Кравчук Л. А. Опыт оценки структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий г. Витебска // Природные ресурсы. 2007. № 4. С. 71–79.
11. Кравчук Л. А., Самсоненко И. П., Киркоров Н. И. и др. Информационно-моделирующая система оценки основных показателей структурно-функциональной организации озелененных территорий г. Минска // Природные ресурсы. 2007. № 1. С. 57–65.
12. Правила по организации и ведению зеленого хозяйства в городах Республики Беларусь. Утв. Приказом Министра жил.-ком. хозяйства РБ от 25.03.1996. №37 // Сб. нормат. док. по охране окружающей среды. Мин., 1997. Вып. 18. С. 50–111.
13. Природная среда Беларуси / Под. ред. В. Ф. Логинова. Мин., 2002. С. 269–280.
14. Пугачевский А. В., Кравчук Л. А., Судник А. В. и др. Методические подходы к оценке и картографированию состояния и устойчивости к антропогенным воздействиям насаждений городов // Природные ресурсы. 2007. № 3. С. 34–46.
15. Рекомендации по формированию рекреационных ландшафтов в условиях Белорусской ССР. Мин., 1984.
16. Сергейчик С. А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде / С. А. Сергейчик. Мин., 1994.
17. СНБ 3.01.04-02 Градостроительство, планировка и застройка населенных пунктов.
18. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2006 г. / Под общ. ред.. В. Ф. Логинова. Мин., 2007.

Л. А. Кравчук

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДОВ

Предложена методология дифференцированной оценки уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационного комплекса городов, которая включает методы и процедуру оценки по основным критериям: показателям озелененности функциональных зон, обеспеченности населения ландшафтно-рекреационными территориями, соотношению основных элементов озеленения, состоянию и устойчивости насаждений к факторам городской среды, биологическому разнообразию территорий, соотнесенными с действующими нормативами или со средними значениями (для биологического разнообразия). Интегральная оценка осуществляется путем ранжирования показателей по частным критериям при соотнесении с действующими нормативами и путем расчета среднего значения уровня организации.

L. A. Kravchuk

THE ASSESSMENT METHODOLOGY OF THE LEVEL OF STRUCTURE-FUNCTIONAL ORGANIZATION OF LANDSCAPE-RECREATIONAL CITIES COMPLEX

The methodology of differential evaluation of the level of structure-functional organization of landscape-recreational cities complex has been proposed, which includes methods and assessment procedure on basic criteria. As main criteria of the organization level of landscape-recreational cities complex the following is used: indices of greening of functional zones, provision of residents with landscape-recreational territories, ratios of basic greening elements, condition and resistance of vegetation to city's environment factors, biological diversity of territories, referred with acting laws, or to average values (for biological diversity). An integral assessment is done by ranging indices on personal criteria, when referring to acting laws and calculating average organization level.

О. В. Лукашёв, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашёва, С. В. Савченко

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

В статье рассматриваются особенности накопления микроэлементов в почвах и растительности территории национального парка «Нарочанский» на уровне родов ландшафттов. Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu и Pb аккумулируются в почвах камово-моренно-озёрного ландшафта, минимальными концентрациями Ti, V, Fe и Ni характеризуются почвы водно-ледникового с озёрами ландшафта. С помощью факторного анализа в дерново-подзолистых почвах парка выделены две ассоциации химических элементов, первая из которых (Cu–Ni–Fe–V–Pb–Cr) связана с тонкодисперсными гранулометрическими фракциями, вторая (Ba–Ti–Zr–Mn) – с минералами песчаных и алевритовых фракций.

В основу работы положены результаты эколого-геохимического опробования территории национального парка «Нарочанский» по сети 2×2 км, проводившегося в рамках ГНТП «Экологическая безопасность» в летне-осенний период 2002 г. В качестве представительной почвенной пробы принимался образец из горизонта A₁ (0–10 см) дерново-подзолистой почвы с незначительным содержанием органического вещества (не требующий озоления при определении химических элементов методом эмиссионного спектрального анализа). Представительной растительной пробой считалась хвоя доминантного вида *Pinus sylvestris* L. двухлетнего возраста нормальной естественной зольности (в среднем 3 %), относительно равномерно распространенного по территории парка и не являющегося естественным концентратором ни одного из исследованных

химических элементов. Всего было отобрано 242 почвенных и 171 растительный образец.

Анализ валового содержания макро- и микроэлементов в пробах почв (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb) и растений (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ba, Pb) выполнялся в ИГН НАН Беларуси эмиссионным спектральным методом по методике [2]. Показатель pH почв определялся по методике [5, 8]. Статистическая обработка данных производилась с использованием программного пакета SPSS 12.0. Достоверность различия средних ($\alpha = 0,05$) оценивалась с помощью параметрического *t*-критерия Стьюдента и непараметрического *U*-критерия Манна – Уитни в зависимости от закона распределения выборки. Основные параметры распределения химических элементов в почвах и хвое *Pinus sylvestris* L. представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Статистические характеристики содержания химических элементов в горизонте A₁ дерново-подзолистых почв национального парка «Нарочанский» ($n = 242$), мг/кг сухого вещества

Элемент	x (пределы вариации) ¹	σ	s_x	c
Ti	1 299 (350–3 000)	526	33,80	0,40
V	10,6 _r (3,0–35)/2,365 _{ln}	0,403 _{ln}	0,026 _{ln}	0,170 _{ln}
Cr	8,3 _r (3–32)/2,112 _{ln}	0,449 _{ln}	0,029 _{ln}	0,213 _{ln}
Mn	188 (40–600)	99,81	6,41	0,53
Fe	5 546 _r (1 600–19 500)/8,621 _{ln}	0,440	0,028	0,051
Ni	10,1 _r (7,0–25,0)/2,311 _{ln}	0,240 _{ln}	0,015 _{ln}	0,104 _{ln}
Cu	8,0 _r (4,0–30,0)/2,084 _{ln}	0,373 _{ln}	0,024 _{ln}	0,179 _{ln}
Zr	340 _r (100–850)/5,828 _{ln}	0,444 _{ln}	0,028 _{ln}	0,076 _{ln}
Ba	306 (210–400)	30,93	1,99	0,10
Pb	11,2 _r (7–30)/2,417 _{ln}	0,211 _{ln}	0,013 _{ln}	0,087 _{ln}

Примечание: ¹ x – среднее значение; σ – стандартное отклонение; s_x – ошибка среднего; c – стандартное относительное отклонение.

Распределение Ti, Mn, Ba в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв подчиняется нормальному, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zr и Pb – логарифмическициальному закону. По сравнению с кларком, рассчитанным для почв Беларуси [7], в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв национального парка

«Нарочанский» заметно ниже концентрации V (в 3,2 раза), Cr (в 4,3 раза) и Ni (в 2 раза). Дерново-подзолистые почвы национальных парков «Нарочанский» и «Браславские озера» характеризуются близким содержанием V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb (табл. 3).

Таблица 2. Статистические характеристики содержания химических элементов в хвое *Pinus sylvestris* L. национального парка «Нарочанский» ($n = 171$), мг/кг сухого вещества

Элемент	x (пределы вариации)	σ	s_x	c
Ti	22,3 _r (3,0–150)/3,105 _{ln}	0,703 _{ln}	0,054 _{ln}	0,226 _{ln}
V	0,3 ¹ (н.о.–1,2)	—	—	—
Cr	0,52 _r (0,08–6,0)/3,951 _{ln100x}	0,923 _{ln100x}	0,071 _{ln100x}	0,234 _{ln100x}
Mn	116 _r (3,4–450)/4,757 _{ln}	0,693 _{ln}	0,053 _{ln}	0,146 _{ln}
Fe	114,2 _r (11–1940)/4,738 _{ln}	0,764 _{ln}	0,058 _{ln}	0,161 _{ln}
Co	0,07 _r (0,004–430)/1,901 _{ln100x}	0,611 _{ln100x}	0,047 _{ln100x}	0,321 _{ln100x}
Ni	1,33 _r (0,1–7,8)/2,591 _{ln10x}	0,757 _{ln10x}	0,058 _{ln10x}	0,292 _{ln10x}
Cu	3,38 _r (0,22–17,0)/3,542 _{ln10x}	0,562 _{ln10x}	0,043 _{ln10x}	0,160 _{ln10x}
Zn	13,1 _r (3,0–72,0)/2,573 _{ln}	0,628 _{ln}	0,048 _{ln}	0,241 _{ln}
Ba	6,68 _r (0,56–33,0)/4,202 _{ln10x}	0,620 _{ln10x}	0,047 _{ln10x}	0,148 _{ln10x}
Pb	0,56 _r (0,09–8,0)/4,021 _{ln100x}	0,765 _{ln100x}	0,058 _{ln100x}	0,190 _{ln100x}

Примечание: ¹ медиана.

Таблица 3. Среднее содержание химических элементов в горизонте A₁ дерново-подзолистых почв национальных парков «Нарочанский», «Браславские озёра» и Беларуси в целом, мг/кг сухого вещества

Национальный парк, n	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zr	Ba	Pb
«Нарочанский», 242	1 299	10,6	8,3	188	5546	10,1	8,0	340	306	11,2
«Браславские озёра», 85	928	10,7	7,5	159	4381	9,0	8,3	343	277	10,3
Кларк почв Беларуси [7]	1 562	34	36	247	—	20	13	336	370	12

Дальнейший анализ особенностей распределения элементов проводился путём расчленения общей выборки полученных данных на ряд частных, характеризующих различные роды

ландшафтов национального парка «Нарочанский» (рис. 1, построен на основе ландшафтных карт национального парка масштаба 1:50 000 и Беларуси масштаба 1:600 000 [5]).



Рис. 1. Картосхема распространения основных родов ландшафтов на территории национального парка «Нарочанский». Ландшафты: 1 – холмисто-моренно-озёрный; 2 – камово-моренно-озёрный; 3 – моренно-озёрный; 4 – водно-ледниковый с озёрами; 5 – озёрно-болотный; 6 – речных долин; 7 – озёр

В границах национального парка доминантными ландшафтами в ранге родов выступают холмисто-моренно-озёрный и водно-ледниковый с озёрами, занимающие около 65 %

территории. Значительна также доля озёрно-болотного, камово-моренно-озёрного, моренно-озёрного ландшафтов и ландшафта нерасчленённых речных долин.

По степени кислотности дерново-подзолистые почвы национального парка относятся к категории *близких к нейтральным*, среднее значение pH горизонта A₁ составляет 6,06.

Между родами ландшафтов средняя величина pH изменяется от 5,95 в *водно-ледниковых* до 6,74 в *моренno-озёрных* (табл. 4).

Таблица 4. Содержание химических элементов в горизонте A₁ дерново-подзолистых почв основных родов ландшафтов национального парка «Нарочанский», мг/кг сухого вещества

Ландшафт, п	pH	Ti	V	Cr	Mn	Fe, %	Ni	Cu	Zr	Ba	Pb
Холмисто-моренno-озёрный, 59	6,15	1 440	12,9	9,3	229 ¹	0,651	10,9	8,9	411	311	12,3
Камово-моренno-озёрный, 13	6,67	1 985	21,3	17,6	235	1,254	16,0	12,5	343	323	13,1
Моренno-озёрный, 11	6,74	1 523	11,7	7,2	211	0,720	11,4	9,3	367	315	12,5
Водно-ледниковый с озёрами, 133	5,95	1 169	10,2	7,7	172	0,494	9,4	7,4	327	303	10,7
Парк в целом, 242	6,06	1 299	10,6	8,3	188	0,555	10,1	8,0	340	306	11,2

Примечание: ¹ статистически достоверные различия по отношению к парку в целом ($\alpha = 0,05$).

Сопоставление содержания химических элементов в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв разных родов ландшафтов показывает, что *камово-моренno-озёрный* ландшафт по сравнению со средними показателями для парка в целом выделяется повышенной концентрацией Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu и Pb. С другой стороны, почвы *водно-ледникового с озёрами* ландшафта характеризуются пониженным содержанием Ti, V, Fe и Ni. *Холмисто-моренno-озёрный* ландшафт выделяется повышенной

концентрацией Mn и Fe. Пониженная концентрация Cr характерна для почв *моренno-озёрного* ландшафта.

Различия в содержании микроэлементов в хвое *Pinus sylvestris* L. для выделенных родов ландшафтов менее контрастны (табл. 5). Вместе с тем для *холмисто-моренno-озёрного* ландшафта установлена повышенная концентрация Ti и V, *моренno-озёрный* ландшафт характеризуется пониженной концентрацией Ni и Ba, а *камово-моренno-озёрный* – Mn и Ba.

Таблица 5. Содержание химических элементов в хвое *Pinus sylvestris* L. основных родов ландшафтов национального парка «Нарочанский», мг/кг сухого вещества

Ландшафт, п	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ba	Pb
Холмисто-моренno-озёрный, 47	28,4 ¹	0,32	0,56	116	143	0,08	1,44	3,6	18,5	8,0	0,68
Камово-моренno-озёрный, 9	21,2	0,28	0,62	56	109	0,06	0,84	3,0	12,8	4,1	0,42
Моренno-озёрный, 8	13,3	0,22	0,47	77,7	73	0,05	0,61	2,4	13,1	3,5	0,34
Водно-ледниковый с озёрами, 92	22,6	0,25	0,50	129	116	0,06	1,45	3,4	12,3	6,8	0,57
Парк в целом, 171	22,3	0,26	0,52	116	114	0,07	1,33	3,4	13,1	6,7	0,56

Примечание: ¹ статистически достоверные различия по отношению к парку в целом ($\alpha = 0,05$).

Более чётко геохимическая контрастность проявляется при сравнении изучаемых характеристик двух доминирующих родов ландшафтов (*холмисто-моренno-озёрного* и *водно-ледникового с озёрами*). Почвы *холмисто-моренno-озёрного* ландшафта отличаются повышенным содержанием Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr и Pb ($\alpha = 0,05$). В микроэлементном составе растительности значимых различий не выявлено (исключение составляет V, повышенной концентрацией которого характеризуется хвоя *Pinus sylvestris* L. *холмисто-моренno-озёрного* ландшафта).

Валовые концентрации элементов в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв и хвое *Pinus sylvestris* L. не коррелируют.

Для выявления природных ассоциаций химических элементов в почвах исследуемой территории был использован факторный анализ (выполнен на основе корреляционной матрицы,

методом главных компонент с последующим варимакс-вращением). В результате выделились две главные компоненты (два фактора), на долю которых приходится 64 % общей дисперсии (табл. 6).

Для фактора 1, дающего наибольший вклад в общую дисперсию (35 %), характерна ассоциация Cu–Ni–Fe–V–Pb–Cr. Из других элементов достоверную связь с этим фактором имеют Mn и Ti. Следует отметить, что содержание V, Cr, Fe, Ni, Cu в почвах в значительной степени зависит от их гранулометрического состава – данные элементы концентрируются в основном во фракциях мельче 0,01 мм (главным образом мельче 0,001 мм) [1, 3, 6]. Можно предположить, что фактор отражает содержание глинистой фракции в почвах, с ростом которой увеличивается и концентрация элементов указанной ассоциации.

Таблица 6. Значения факторных нагрузок главных компонент, определяющих распределение элементов в дерново-подзолистых почвах национального парка «Нарочанский»

Фактор	Cu	Ni	Fe	V	Pb	Cr	Ba	Ti	Zr	Mn	Вклад, %
1	0,832*	0,805	0,759	0,661	0,626	0,503		0,472		0,482	35
2		0,263	0,488	0,586	0,201	0,395	0,757	0,749	0,738	0,600	29

* Выделены ведущие компоненты для каждой переменной; нагрузки, не являющиеся достоверными, опущены.

Для фактора 2 характерна ассоциация Ba–Ti–Zr–Mn. Ba присутствует в почвах в основном в составе щелочных полевых шпатов и биотита [3], Zr входит в самостоятельный минерал циркон. На долю связанного с минералами тяжёлой минеральной фракции Ti приходится 60–75 % общего его количества в породе [1]. Носителями первых трёх элементов данной ассоциации, скорее всего, являются минералы песчаных и алевритовых фракций почв.

Распределение Mn в почвах, как правило, зависит от многих показателей. Чаще всего Mn содержится во всех почвенных фракциях, в которых находится в виде изоморфной примеси в минералах, в глинистых, глинисто-железистых и иных агрегатах фракции 0,075–0,01 мм либо в глинистых минералах тонких фракций и в поглощённом комплексе [1]. Этим и объясняется достоверная связь элемента с обоими факторами.

Исследована также зависимость между выделенными факторами и родами ландшафтов

с использованием непараметрического дисперсионного анализа (Kruskal-Wallis test), который считается наиболее эффективным для выборок с существенно различающимися объёмами наблюдений в разных классах. Результаты теста ($H = 30,7$, $df = 3$, $p < 0,001$) свидетельствуют о значительном влиянии группировки по родам ландшафтов на варьирование первого фактора 1. Из рис. 2 следует, что наибольшие значения этого фактора характерны для камово-моренно-озёрного ландшафта. Данный ландшафт распространён на севере национального парка (рис. 1). Почвообразующими породами в его пределах являются водно-ледниковые и моренные суглинки, тогда как в других ландшафтах значительная доля территории приходится на водно-ледниковые пески и супеси. Данное обстоятельство и предопределяет повышенное содержание Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu и Pb в дерново-подзолистых почвах камово-моренно-озёрного ландшафта.

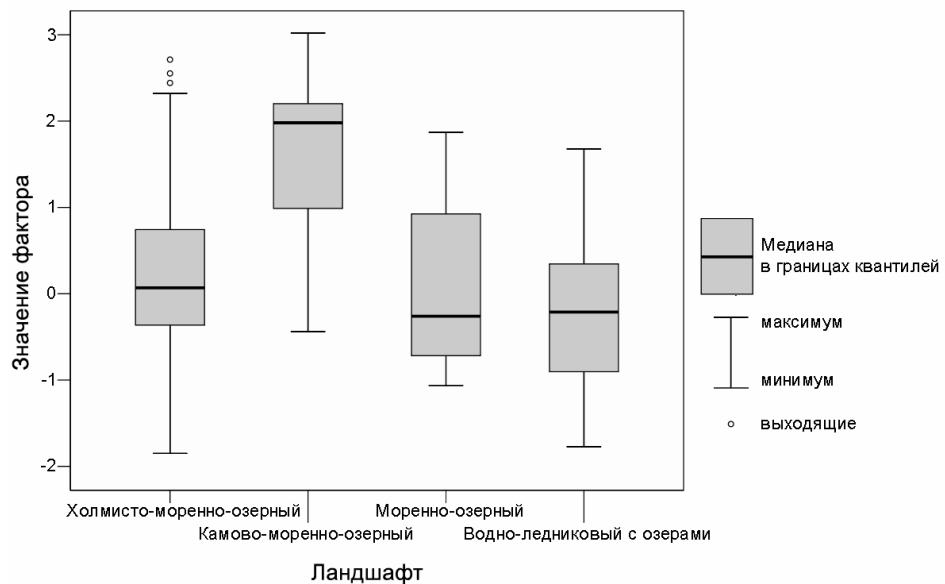


Рис. 2. Масштабы варьирования фактора 1 для дерново-подзолистых почв основных родов ландшафтов национального парка «Нарочанский»

Таким образом, гумусированный горизонт дерново-подзолистых почв национального парка «Нарочанский» значительно обеднен по сравнению с соответствующим кларком почв Беларуси V, Cr и Ni (2–4,3 раза) и близок по содержанию V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb с дерново-

подзолистыми почвами национального парка «Браславские озёра».

Среди родов ландшафтов повышенной концентрацией Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu и Pb по сравнению со средними показателями для парка в целом выделяется камово-моренно-озёрный

ландшафт. Почвы водно-ледникового с озёрами ландшафта характеризуются пониженным содержанием Ti, V, Fe и Ni. Холмисто-моренно-озёрный ландшафт отличается повышенной концентрацией Mn и Fe. Пониженная концентрация Cr характерна для почв моренно-озёрного ландшафта.

Различия в содержании микроэлементов в хвое *Pinus sylvestris* L. для выделенных родов ландшафтов менее контрастны. Для холмисто-

моренно-озёрного ландшафта установлена повышенная концентрация Ti и V, моренно-озёрный ландшафт характеризуется пониженной концентрацией Ni и Ba, а камово-моренно-озёрный – Mn и Ba.

С помощью факторного анализа в дерново-подзолистых почвах выделены две ассоциации химических элементов. Первая ассоциация (Cu–Ni–Fe–V–Pb–Cr) связана с тонкодисперсными фракциями почв, вторая (Ba–Ti–Zr–Mn) – с минералами песчаных и алевритовых фракций.

Л и т е р а т у р а

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашёва. Мин., 1969.
2. Зырин Н. Г., Обухов А. И. Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. М., 1977.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
4. Клициунова Н. К., Логинова Л. В., Марцинкевич Г. И., Хараничева Г. Т. Ландшафтная карта Белорусской ССР. М 1:600 000. М., 1984.
5. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларусь. Методические указания. Мин., 2001.
6. Петухова Н. Н. Геохимия почв Белорусской ССР. Мин., 1987.
7. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларусь // Докл. АН Беларусь. 1992. Т. 36, № 5. С. 461–465.
8. Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. В 3 ч. Мин., 2005.

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

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

Эколого-геохимическое опробование почв и растений на территории национального парка «Нарочанский» проводилось в летне-осенний период 2002 г. Как показали исследования, в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв национального парка «Нарочанский» по сравнению с кларком, рассчитанным для почв Беларусь, значительно ниже концентрации V, Cr и Ni. Дерново-подзолистые почвы национальных парков «Нарочанский» и «Браславские озера» характеризуются близким содержанием V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb.

Сопоставление содержания химических элементов в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв разных родов ландшафтов показывает, что камово-моренно-озёрный ландшафт по сравнению со средними показателями для парка в целом выделяется повышенной концентрацией Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu и Pb. Почвы водно-ледникового с озёрами ландшафта характеризуются пониженным содержанием Ti, V, Fe и Ni. Почвы холмисто-моренно-озёрного ландшафта накапливают Mn и Fe. Пониженная концентрация Cr характерна для почв моренно-озёрного ландшафта.

Различия в содержании микроэлементов в хвое *Pinus sylvestris* L. для выделенных родов ландшафтов менее контрастны. Для холмисто-моренно-озёрного ландшафта установлено повышенное содержание Ti и V, моренно-озёрный ландшафт характеризуется пониженной концентрацией Ni и Ba, камово-моренно-озёрный – Mn и Ba.

Валовые концентрации элементов в гумусированном горизонте дерново-подзолистых почв и хвои *Pinus sylvestris* L. не коррелируют.

Для выделения природных ассоциаций химических элементов в почвах исследуемой территории был использован факторный анализ.

Для фактора 1 характерна ассоциация Cu–Ni–Fe–V–Pb–Cr. Достоверную связь с этим фактором имеют также Mn и Ti. Можно предположить, что фактор отражает содержание глинистой фракции в почвах, с ростом которой увеличивается и концентрация элементов указанной ассоциации.

Для фактора 2 характерна ассоциация Ba–Ti–Zr–Mn-элементов, связанных с минералами песчаных и алевритовых фракций почв.

Выявлена также достоверная связь между значениями фактора 1 и родом ландшафта. Наибольшие значения этого фактора характерны для камово-моренно-озёрного ландшафта, что предопределяет повышенное содержание Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu и Pb в соответствующих дерново-подзолистых почвах.

O. V. Lukashov, N. V. Zhukovskaja,
N. G. Lukashova, S. V. Savchenko

**LANDSCAPE-GEOCHEMICAL FEATURES
OF THE NATIONAL PARK «NAROCHANSKI» TERRITORY**

Ecology-geochemical approbation of soils and plants in the territory of national park «Narochanski» was carried out in summer-autumn period of 2002. As researches have shown, in humus horizon umbric ambeluvisols of the national park «Narochanski», in comparison with average value, designed for soils of Belarus, concentration of V, Cr and Ni are much lower. Umbric ambeluvisols of the national parks «Narochanski» and «Braslavskie lakes» are characterized by close contents of V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb.

Comparison of the contents of chemical elements in humus horizon Umbric ambeluvisols of different sorts of landscapes shows, that kame moraine-lacustrine landscape in comparison with average indices for park as a whole is marked with increased concentration of Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu and Pb. Soils of fluvioglacial with lakes landscape are characterized with lowered contents of Ti, V, Fe and Ni. Soils of hilly-moraine-lacustrine landscape accumulate Mn and Fe. The lowered concentration of Cr is characteristic for soils of hilly-moraine-lacustrine landscape.

*Distinctions in the contents of microelements in needles of *Pinus sylvestris* L. for the marked sorts of landscapes are less contrast. For hilly-moraine-lacustrine landscape increased concentration of Ti and V is established, the moraine-lacustrine landscape is characterized by lowered concentration of Ni and Ba, and kame-moraine-lacustrine – Mn and Ba.*

*Total concentration of elements in humus horizon of umbric ambeluvisols and needles of *Pinus sylvestris* L. do not correlate.*

To reveal a natural associations of chemical elements in soils of the territory studied a factor analysis was used.

Factor 1 is characterized by association of Cu–Ni–Fe–V–Pb–Cr. Authentic connection with this factor also have Mn and Ti. It is possible to assume, that the factor reflects the contents of clay fraction in soils with growth of which a concentration of elements of the specified association is increased too.

Factor 2 is characteristic by association Ba–Ti–Zr–Mn-elements associated with minerals of sandy and aleurite fractions of soils.

Authentic connection between values of the factor 1 and sort of landscapes is also revealed. The greatest values of this factor are characteristic for kame-moraine-lacustrine landscape that predetermines increased contents of Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu and Pb in corresponding umbric ambeluvisols soils.

В. А. Рыжиков**ВЫДЕЛЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. МИНСКА)**

Рассматриваются основные методологические подходы к изучению городских ландшафтов, их систематики и картографирования. На основе ландшафтно-геохимической концепции разработана шестиступенчатая шкала классификации автотранспортных ландшафтов г. Минска, на верхних таксономических уровнях которой (порядок, отдел, раздел) учитываются антропогенные факторы, а на нижних (класс, род, вид) – природнообусловленные.

Одной из ключевых задач урболандшафтования является комплексное изучение городов, включающее выделение и систематику городских ландшафтов. Их картографирование имеет большое практическое значение при организации городской территории и оптимизации городской среды. Выделение, классификация и картографирование ландшафтов – последовательные взаимосвязанные этапы ландшафтных исследований, так как выделяется то, что картируется. К настоящему времени созданы достаточно подробные ландшафтные карты многих городов России, Беларуси, Украины, на которых детально отражены селитебные, промышленные рекреационные и другие ландшафты [9, 14, 17]. Значительно меньше внимания уделяется вопросам идентификации, классификации и картографированию транспортных, в частности автотранспортных, ландшафтов, что не может быть удовлетворительным в связи с интенсивным ростом в городах экологических проблем, обусловленных работой автотранспорта. О необходимости их комплексного исследования свидетельствует тот факт, что автотранспортные ландшафты являются основным фактором ухудшения качества городской среды. Выхлопные газы автомобилей содержат более 200 загрязняющих веществ, а их доля в структуре выбросов во многих крупных городах достигает 80–90 %. Детальное исследование автотранспортных ландшафтов именно с ландшафтovedческих позиций позволит получить точную и достоверную информацию об экологической ситуации в городе с целью ее оценки и прогнозирования.

Неотъемлемым этапом картографирования ландшафтов, как было сказано выше, является их классификация. Города – достаточно сложные территориальные структуры, где происходит тесная взаимосвязь природного ландшафта и техногенного покрова. В связи с этим необходима разработка четких критериев процесса дифференциации как урбосистемы в целом, так и отдельных ее элементов (в данном случае автотранспортных ландшафтов) с применением специфи-

ческих классификационных принципов и таксономических категорий.

В урболандшафтovedении существует множество концепций и методических подходов к выделению и систематике городских ландшафтов, среди которых наиболее очевидны четыре основные: природная, природно-социальная, экологическая и ландшафтно-геохимическая.

Согласно природной концепции, городской ландшафт рассматривается как система, которая состоит из ряда более мелких природных комплексов, с изучения которых и начинается исследование. В основу этой концепции положена методология классического ландшафтovedения, т.е. при классификации городских ландшафтов учитываются геоморфологические факторы природной основы [11], степень озеленения [5], а также характер техногенного покрова, уровень его развития и особенности взаимодействия с исходным природным территориальным комплексом (ПТК). Результаты изучения городских территорий на основе природной концепции отражены в работах В. В. Покшишевского, Ф. Н. Милькова, Ф. В. Тарасова, А. Г. Исаченко, Э. Г. Коломыц, Ю. Г. Тютюнника и ряда других исследователей.

Возникновение и изучение городских ландшафтов с точки зрения природно-социальной концепции (Я. Р. Дорфман, А. С. Крюков, В. В. Владимиров, Е. М. Микулина, З. Н. Яргина и др.) стало возможным благодаря тому, что внимание исследователей стало привлекать развитие неблагоприятных для существования человека процессов (просадки, подтопление, и др.), которые возникают в ходе застройки и эксплуатации урбанизированных территорий. Данная концепция ориентирована на предупреждение развития этих процессов и минимизацию последствий их возникновения с учетом природных особенностей и закономерностей существования ландшафтов, с целью выбора наиболее удачных вариантов размещения городских зон при градостроительстве. Классификация городских ландшафтов проводится с учетом решения функционально-планировочных проблем города. Класси-

ификационные выделы определяются типом местности, обусловленным литогенным субстратом и мезорельефом, геолого-геоморфологическими различиями, характером антропогенного (техногенного) воздействия [3], а также по сочетанию неблагоприятных явлений, вызванных изменением природных компонентов ландшафта, и распространению ореолов антропогенного давления [1].

Согласно экологической (биоурбанистической) характеристике природный комплекс города рассматривается рядом авторов [10, 12] как экосистема, структура которой определяется связями между человеком как организмом и условиями его обитания. Основное внимание урбэкологов направлено на изучение воздуха, почв, а также определение норм техногенных нагрузок на природные компоненты ландшафтов. Экологический подход предполагает зонирование антропогенного воздействия в городах, которое заключается в выделении техногенного источника (ядра или ядер) и окружающей среды, подверженной его влиянию (зон влияния ядра), с выделением территорий, различающихся уровнем загрязнения (зона воздействия источника, компенсационная зона и др.) [4].

Изучение городских ландшафтов с позиции ландшафтно-геохимической концепции стало возможно благодаря работам Б. Б. Попынова, М. А. Глазовской, К. И. Лукашова, А. И. Перельмана, Н. С. Касимова, В. А. Алексеенко, Ю. Е. Саета, С. В. Какарека, В. С. Хомича и др. авторов. Данная концепция основана на теоретических положениях геохимии ландшафтов и предполагает изучение миграции химических элементов и их соединений в городских ландшафтах с анализом депонирующих (аккумулирующих) сред – снега, почв, растений, донных отложений, тканей и органов животных, человека.

Наиболее детально вопросы геохимической систематики и картографирования городских ландшафтов на основе ландшафтно-геохимической концепции рассмотрены А. И. Перельманом и Н. С. Касимовым. Ими обобщен предыдущий опыт исследования урбанизированных территорий и составлена наиболее универсальная классификация [16], которая основывается на учете интенсивности техногенной нагрузки и природной (природно-техногенной) геохимической обстановки, т.е. на верхних таксономических уровнях их классификации в качестве основы выбираются антропогенные (социально-производственные) факторы, а на нижних – природнообусловленные.

Для того, чтобы наиболее полно и объективно подойти к решению экологических проблем, связанных с эксплуатацией автотранспортных ландшафтов городов, необходимо знать основные закономерности миграции и концентрации химических элементов в окружающей среде с целью прогноза и минимизации послед-

ствий автотранспортного воздействия. Из всех имеющихся концепций и подходов к исследованию городских ландшафтов наиболее точно объясняет эти закономерности ландшафтно-геохимический подход, который оговаривает четкие цели и задачи и изначально ориентирован на картографирование.

Выделение и классификация автотранспортных ландшафтов городов имеют свои особенности. Автотранспортные ландшафты достаточно четко выделяются лишь в определенном масштабном интервале. Наиболее полное и точное отображение границ выделов каждой из таксономических категорий осуществляется при крупномасштабном картографировании. Однако оно применимо только для конкретного участка ландшафта, что не дает полного и точного отображения всех таксонов автотранспортных ландшафтов в целом для города. При мелкомасштабном картографировании таксономические единицы сливаются и неразличимы, однако при этом отображаются структура ландшафтов в целом для всего города, но без таксономических единиц низшего ранга. Таким образом, при изучении структуры автотранспортных ландшафтов городов необходимо сочетать как крупномасштабное картографирование с отображением на карте только таксонов верхних классификационных уровней, так и мелкомасштабное картографирование с полным набором таксонов для конкретного участка автотранспортного ландшафта.

Методика и объекты исследования. Для классификации автотранспортных ландшафтов г. Минска на основе модели, предложенной А. И. Перельманом и Н. С. Касимовым [16], разработана шестиступенчатая шкала, на верхних таксономических уровнях которой (порядок, отдел, раздел) учитываются антропогенные факторы, а на нижних (класс, род, вид) – природнообусловленные (таблица).

«Порядок» транспортного ландшафта, как наивысшая классификационная единица городских ландшафтов, выделялся в пределах транспортной функциональной зоны, граница которой градостроителями проводится по «красной линии», отделяющей территорию улицы, дороги или площади от территорий, предназначенных под иное использование [2]. Критерием для проведения границ служила классификация дорог и улиц населенных мест [13], согласно которой ширина транспортной функциональной зоны в пределах красных линий зависит от категории улицы или дороги и количества полос движения. Так, дороги и улицы непрерывного движения (М) с количеством полос 6–8 имеют ширину в пределах красных линий 70–90 м; улицы общегородского значения (А) с количеством полос движения 4–8 имеют ширину в пределах красных линий 60–80 м; улицы районного значения (Б) с количеством полос движения 2–4 имеют ширину в

пределах красных линий 40–60 м; улицы жилых районов (Ж) с количеством полос движения 2 имеют ширину в пределах красных линий 20–25 м; проезды (П) с количеством полос движения 2 имеют ширину в пределах красных линий 15–20 м.

В пределах порядков, выделялись «отделы» по особенностям воздушного привноса и выноса загрязняющих веществ и по геохимиче-

ской специализации выбросов. Так как транспортные ландшафты являются источником эмиссии (выноса) и местом частичной аккумуляции загрязняющих веществ, а их объемы напрямую зависят от количества проезжающих автомобилей, порядок ландшафта делится на отделы по величине интенсивности движения автотранспорта.

Таблица. Систематика автотранспортных ландшафтов г. Минска

Название		Критерии выделения														
Порядок		Транспортная функциональная зона (в границах «красных линий»)														
Отдел	С интенсивностью движения автотранспорта (авт/ч)															
	очень высокой (более 7500)	высокой (3700–7500)	средней (1800–3700)	низкой (940–1800)	очень низкой (менее 940)											
Раздел	С уровнем загрязнения снежного покрова, почв и растительности															
	очень высоким (> 3 ПДК)	высоким (3–2 ПДК)	средним (2–1 ПДК)	низким (1–0,5 ПДК)	очень низким (< 0,5 ПДК)											
Класс	С классом водной миграции															
	На	Са	Гл	На	Са	Гл	На	Са	Гл	На	Са	Гл	На	Са	Гл	
Род	Приуроченность к элементарному ландшафту															
	э, тэ, эа	с	э, тэ, эа	с	э, тэ, эа	с	э, тэ, эа	с	э, тэ, эа	с	э, тэ, эа	с	э, тэ, эа	с		
Вид	Механический состав почв и техногенных грунтов															
	п, сп	т	п, сп	т	п, сп,	т	п, сп,	т	п, сп,	т	п, сп,	т	п, сп,	т		

Примечание. Класс: На – натриевый, Са – кальциевый, Гл – глеевый. Род: э – элювиальный, тэ – трансэлювиальный, эа - элювиально-аккумулятивный, с – супераквальный. Вид: п – пески, сп – супеси, т – торф.

Анализ интенсивности движения транспортного потока проводился с использованием методики [6]. Обследование включало изучение на местности величины, состава и пространственно-временного распределения транспортных потоков. Транспортный поток рассматривался как совокупность двух видов транспорта по назначению (пассажирский и грузовой) и отдельных типов транспортных средств, проходящих в единицу времени через сечение или узел улично-дорожной сети.

Обследование проводилось в период наибольшей интенсивности движения – в будние дни в часы пик (с 8 до 11 и с 16 до 18 часов, как правило, во вторник, среду и четверг) и в сезон года, который характеризуется стабильностью транспортных потоков (май – июнь). Регистрация проходящих через наблюдаемое сечение улицы транспортных средств проводилась по следующим категориям: легковые автомобили; автобусы (малой, средней, большой и особо большой вместимости); грузовые автомобили (грузоподъемностью до 2, 2–8, 8–14, более 14 т); автопоезда (грузоподъемностью до 20 и более 20 т). Полученные данные при расчетах интенсивности движения и пропускной способности были приведены к одному расчетному виду – приведенному автомобилю. Для этого использовались коэффициенты приведения [13].

Критерием для выделения «разделов» служил уровень загрязнения отдельных компонентов транспортных ландшафтов. В качестве таковых рассматривались почвы и снежный по-

ров. Почвы, депонирующие загрязняющие вещества из атмосферного воздуха, отражают эффект многолетнего воздействия источников загрязнения, фиксируют устойчивое загрязнение окружающей среды; снег характеризует состояние на данный момент. В качестве основного метода исследования выбран метод ландшафтно-геохимического профилирования, широко использующийся при изучении городов и городских ландшафтов Беларуси [15]. Пробы изучаемого компонента природной среды отбирали на различном удалении от дороги, со сгущением пунктов наблюдений около дороги и увеличением расстояния между ними по мере удаления от нее.

Снегомерная съемка и отбор образцов почв выполнялись на ключевых участках, наиболее полно характеризующих экологическую обстановку в пределах транспортных ландшафтов. В качестве таковых были выбраны транспортные ландшафты улиц (проспекты Пушкина и Партизанский, улицы Столетова и Раковское шоссе) в г. Минске с интенсивным движением автотранспорта (более 3000 авт/ч), с широкой придорожной полосой (около 50 м) и периодом эксплуатации более 30 лет.

Пробы снега (керны) отбирались на расстоянии 1; 2; 5; 10; 15; 25 м от дорожного полотна. Отбор образцов почв осуществлялся ручным буром до глубины 1 м в тех же точках и на том же расстоянии от дороги, что и пробы снега. Определение содержания химических веществ (тяжелых металлов, нефтепродуктов и ПАУ) в почве и в воде талого снега проводилось в соответствии

с «Перечнем методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь» [8].

На основе сопоставления концентраций загрязняющих веществ в том или ином компоненте окружающей среды, с ПДК, в пределах порядков и отделов выделялись разделы транспортных ландшафтов со следующим уровнем загрязнения почв и снежного покрова: очень высокий (если есть превышение по одному из определяемых компонентов > 2 ПДК); высокий (2–1 ПДК); средний (0,5–1 ПДК); низкий ($< 0,5$ ПДК).

При выделении «классов» транспортных ландшафтов учитывался класс водной миграции продуктов техногенеза, который определялся по сочетанию типоморфных элементов и соединений в гумусовом горизонте почвы, где наиболее интенсивно протекают геохимические процессы. Типоморфные элементы определяют сочетание окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий и видов геохимических барьера в профиле почвы и между сопряженными ландшафтами. Оксидительно-восстановительные условия характеризует количественный показатель – окислительно-восстановительный потенциал Eh, а щелочно-кислотные – отрицательный логарифм концентрации водородных ионов – pH. По значениям Eh и pH и анализу содержания типоморфных элементов устанавливался класс водной миграции в профиле почвы согласно классификации А. И. Перельмана [7].

Выделение «рода» ландшафтов осуществлялось с учетом особенностей латеральной водной миграции химических веществ, в которой главенствующая роль принадлежит рельефу.

Для этого выделялись зоны мобилизации, транзита и аккумуляции вещества (элювиальные, элювиально-аккумулятивные, супераквальные и трансэлювиальные ландшафты). Границы элементарных ландшафтов проводились с использованием гипсометрической основы участков исследования.

Основанием для выделения «видов» ландшафтов служила геохимическая специализация литогенного субстрата, т. е. учитывались гранулометрические особенности почв и техногенных грунтов.

На основании ландшафтно-геохимических исследований экологической ситуации на улицах г. Минска составлена серия карт автотранспортных ландшафтов города. Ключевая таксономическая категория – порядок – выделяется в пределах транспортной функциональной зоны, границей которой являются «красные линии». С использованием данных УП «Минскградо» и собственных наблюдений по интенсивности движения автотранспорта на улицах Минска внутри порядков, выделено пять отделов: с очень высокой (3760–7520 авт/ч), высокой (1880–3760 авт/ч), средней (940–1880 авт/ч), низкой (470–940 авт/ч) и очень низкой интенсивностью движения автотранспорта (< 470 авт/ч).

Для отображения структуры автотранспортных ландшафтов в целом для города на верхних таксономических уровнях их картографирование осуществлялось в масштабе 1:15 000. При этом на картографической основе отображались только отделы как наиболее крупные таксономические выделы. Границы порядков (красные линии) в этом масштабном интервале проводились условно по осям улиц и дорог (рис. 1).



Рис. 1. Структура автотранспортных ландшафтов г. Минска (на уровне отделов)

Как видно из рисунка, транспортные ландшафты с очень высокой интенсивностью движения автотранспорта приурочены к крупным автомагистралям столицы, к улицам непрерывного движения (М), общегородского (А) и районного (Б) значения, таким как МКАД, проспекты Независимости, Дзержинского, Партизанский, улицы Притыцкого, Раковское шоссе, Могилевская, Немига, М. Богдановича, Филимонова, а также улицы, входящие в состав второго транспортного кольца города: проспекты Пушкина, Жукова, улицы Орловская, Денисовская, Ванеева, Сурганова, Радиальная, Столетова и др.

Транспортные ландшафты с высокой интенсивностью движения автотранспорта относятся к улицам общегородского (А) и районного (Б) значения, которыми являются проспекты Победителей, Машерова, улицы Тимирязева, Одинцова, Шарапановича, Казинца, Кижеватова, Маяковского, Радиальная, Ваупшасова, Я. Коласа и др.

Транспортные ландшафты со средней интенсивностью движения автотранспорта – это, как правило, ландшафты улиц районного значения (Б): улицы Ф. Скорины, Кабушкина, Ольшевского, Матусевича, Червякова, Волгоградская, Гурского, Одинцова, Калиновского, Долгобродская, Кедышко, Корженевского, Якубовского и др.

Транспортные ландшафты с низкой интенсивностью движения автотранспорта - некоторые улицы районного значения (Б) и улицы жилых районов (Ж): Глебки, Якубова, Старовиленский тракт, Есенина, Голодеда и др.

Транспортные ландшафты с очень низкой интенсивностью движения автотранспорта приурочены главным образом к улицам жилых районов (Ж) и к проездам (П), примерами которых могут служить улицы Купревича, участок улицы Лобанка, Севастопольская, Подлесная, Червякова, Парниковая и ряд других.

Полные ландшафтно-геохимические карты с отображением всех таксономических единиц, транспортных ландшафтов составлены для ключевых участков исследования (проспектов Пушкина, Партизанского, улиц Столетова и Раковское шоссе) в масштабе 1:1 000. На данных картах отображались все таксономические единицы: отделы, разделы, классы, роды и виды, определяемые типом природных геохимических ландшафтов, особенностями водной миграции продуктов техногенеза, геохимической специализацией литологического субстрата, приуроченностью к элементарному ландшафту, и с учетом уровня загрязнения почв и снежного покрова токсичными компонентами, обусловленного работой автотранспорта. В качестве наглядного примера может служить фрагмент ландшафтно-геохимической карты проспекта Пушкина (рис. 2).

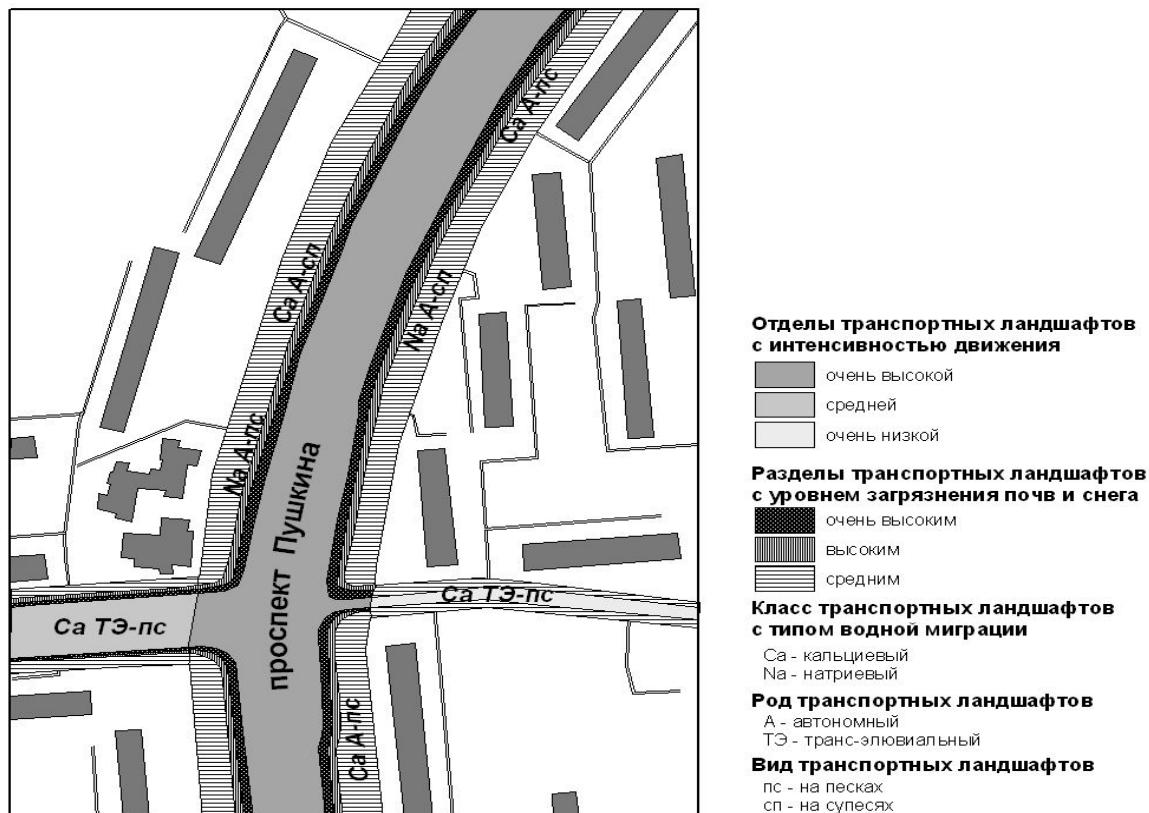


Рис. 2. Фрагмент карты автотранспортных ландшафтов города

Порядки автотранспортных ландшафтов. Проспекты Пушкина и Партизанский, а также улица Раковское шоссе, согласно классификации [13], относятся к категории улиц общегородского значения (А), имеют шесть полос движения автотранспорта. Их ширина в пределах «красных линий» 80 м, соответственно границы транспортного ландшафта как порядка городского ландшафта проходят на расстоянии 27 м от дорожного полотна как с одной, так и с другой его стороны. Что касается улицы Столетова, то она классифицируется как улица районного значения (Б), имеет четыре полосы движения автотранспорта, ее ширина в пределах «красных линий» 60 м, соответственно границы транспортного ландшафта будут проходить в 23 м от дорожного полотна.

Отделы автотранспортных ландшафтов. Учитывая, что на всех участках исследования, за исключением улицы Столетова, интенсивность движения автотранспорта превышает 3700 авт/ч (проспект Пушкина – 7490; проспект Партизанский – 5500; улица Раковское шоссе – 4900 авт/ч), на уровне отдела как таксономической единицы более низшего ранга они характеризуются как *транспортные ландшафты с очень высокой интенсивностью движения автотранспорта*. Что касается улицы Столетова, то здесь интенсивность движения транспорта составляет 3500 авт/ч, что позволяет отнести данную улицу к отделу ландшафта с *высокой интенсивностью движения автотранспорта*.

Разделы автотранспортных ландшафтов. Разделы показаны на картосхемах густотой штриховки: чем она гуще, тем выше уровень загрязнения снежного покрова и почв. Наиболее опасными в экологическом отношении являются участки с очень высоким уровнем загрязнения, на проспектах Партизанском и Пушкина, улице Столетова. Они находятся в непосредственной близости от дорог в полосе шириной до 5–7 м. Здесь наблюдается превышение ПДК более чем в 2 раза для талых суглеводородных вод по кадмию (проспект Пушкина – 4,65 мкг/дм³, улица Столетова – 4,4 мкг/дм³), нефтепродуктам (проспект Пушкина – 7,36 мг/дм³, проспект Партизанский – 2,36 мг/дм³, улица Столетова – 9,13 мг/дм³) и бензо(а)пирену (проспект Пушкина – 3,1 мкг/дм³, улица Столетова – 3,0 мкг/дм³), для почв – по нефтепродуктам (проспект Пушкина – 1466,0 мг/кг) и цинку (проспект Партизанский – 117,1 мг/кг, улица Столетова – 111,0 мг/кг).

Раздел ландшафта с высоким уровнем загрязнения характерен для проспектов Пушкина, Партизанского и улицы Раковское шоссе. На проспекте Пушкина и Партизанском он относится к полосе 7–20 м от проезжей части. Здесь превышение ПДК в 1–2 раза характерно для нефтепродуктов (проспект Пушкина – 1,90 мг/дм³) в суглеводородных водах, для свинца (проспект Пушкина –

1,1 ПДК) и цинка (проспект Партизанский – 55,0 мг/кг) – в почвах. Что касается улицы Раковское шоссе, то здесь выделяются две зоны – 0–7 м и 20–25 м от дорожного полотна, с высокими концентрациями загрязняющих веществ в снежном покрове и почвах. Так, в полосе до 7 м зафиксировано превышение в 1–2 раза ПДК по нефтепродуктам в талой суглеводородной воде (3,55 мг/дм³), в почвах – по цинку (65,7 мг/кг). В полосе 20–25 м от дороги в почвах установлено также превышение ПДК по цинку (77,8 мг/кг). Высокие уровни загрязнения в зонах 0–7 и 20–25 м от дорожного полотна связаны с приуроченностью к элювиально-аккумулятивному в первом случае и к супераквальному элементарному ландшафту во втором, где сформировались благоприятные условия для накопления загрязнителей.

Средний уровень загрязнения почв и снежного покрова на проспектах Пушкина, Партизанском и улице Столетова отнесен в полосе более 20 м от дороги, где концентрации тяжелых металлов, нефтепродуктов, ПАУ как в почве, так и в суглеводородной воде не превышают 0,5–1 ПДК. На улице Раковское шоссе зона со средним уровнем загрязнения находится на расстоянии 7–20 м от дороги и приурочена к трансэлювиальному ландшафту, который характеризуется более интенсивным выносом загрязняющих веществ по сравнению с сопряженными элементарными ландшафтами.

Классы транспортных ландшафтов.

Анализ сложившейся геохимической обстановки на исследуемых ключевых участках позволил установить, что на проспекте Партизанском и улицах Столетова и Раковское шоссе в поверхностном, наиболее гумусированном слое почвы доминирует кальций как типоморфный элемент, что позволяет характеризовать вышеупомянутые улицы как транспортные ландшафты с кальциевым классом водной миграции продуктов техногенеза. Что касается проспекта Пушкина, то здесь в полосе 0–7 м от дороги в гумусовом горизонте доминирует натрий, а в полосе 7–25 м – кальций, что характеризует данную автомагистраль как транспортный ландшафт с натриевым и кальциевым классами водной миграции продуктов техногенеза. Наличие натриевого класса миграции в почве обусловлено применением противогололедных реагентов в зимнее время на дорогах. Натрий, содержащийся в большом количестве в песчано-солевых смесях, попадая в придорожные почвы, аккумулируется и вытесняет кальций.

Роды автотранспортных ландшафтов. В основе выделения родов ландшафтов лежат различия в условиях миграции химических элементов, обусловленные геоморфологическими факторами. В пределах транспортной функциональной зоны на проспектах Пушкина, Партизан-

ском и улице Столетова по характеру рельефа выделяется автономный (элювиальный) элементарный ландшафт. Незначительные относительные превышения – от 0,5 до 1 м, общее нивелирование рельефа при дорожных работах привели к ослаблению связей между элементарными ландшафтами. Наличие высотных зданий, большое количество заасфальтированных территорий (дорог, тротуаров), большая мощность техногенных отложений значительно уменьшают радиальный и латеральный вынос загрязнителей, что способствовало их аккумуляции в непосредственной близости от источника – вблизи дороги, что отражено в выделении родов данных участков транспортных ландшафтов. Аккумуляции загрязняющих веществ в почвах придорожных полос способствовало также более высокое содержание в городских почвах по сравнению с естественными гумуса и обменных оснований [15].

Что касается изучаемого участка улицы Раковского шоссе, то здесь геоморфологическая и ландшафтная ситуация более разнообразна. В геоморфологическом плане данный объект исследования представляет собой дорожную насыпь высотой около 15 м, проходящую в 30 м от низинного болота. На данном участке представлены все основные разновидности элементарных ландшафтов: элювиальный, элювиально-аккумулятивный, трансэлювиальный и суперактивный.

Виды автотранспортных ландшафтов.

Виды ландшафта определяются по геохимической специализации субстрата, обусловленной в первую очередь литологией покровных (четвертичных) отложений. В частности, на территории г. Минска в соответствии с данными геологического картографирования различаются следующие виды ландшафтов: на водно-ледниковых и аллювиально-делювиальных песках и супесях, лессовидных и делювиальных суглинках, моренных супесях и торфяных отложениях [15].

На участках исследования, в частности на проспектах Пушкина, Партизанском и улице Столетова, почвы сложены песчаными и супесчаными отложениями. Пески в большей степени ха-

рактерны для полосы шириной до 3–5 м от дороги, так как они использовались в качестве подсыпки при строительстве дорожного полотна. В приповерхностном слое почвы они накопились также за счет поступления с песчано-солевыми смесями при разбрасывании снега на придорожную полосу. Супеси характерны для более удаленных участков от дороги.

На Раковском шоссе характер отложений, определяющий виды ландшафтов, различен: в полосе до 5 м преобладают песчаные отложения, до 20 м – супесчаные, в полосе 20–27 м от дорожного полотна – суглинистые.

Выводы

Впервые на территории г. Минска была исследована структура автотранспортных ландшафтов и составлены крупно- и мелкомасштабные карты. Для крупномасштабного картографирования разработана шестиступенчатая классификация ландшафтов, предусматривающая выделение порядков, отделов, разделов, классов, родов и видов. В качестве основного классификационного признака отдела использована интенсивность движения автотранспорта, раздела – степень загрязнения природных компонентов ландшафта, класса – класс водной миграции продуктов техногенеза, рода – приуроченность к элементарному ландшафту, вида – особенность специализации литогенного субстрата.

Схематические ландшафтно-геохимические карты автотранспортных ландшафтов г. Минска позволяют выявить в их пределах зоны с различной экологической обстановкой, выделяемые по уровню загрязнения основных компонентов ландшафта, а также дать комплексную оценку состояния окружающей среды. Наиболее неблагоприятны в экологическом отношении полосы, прилегающие непосредственно к дорожному полотну. Плоский характер рельефа и его нивелирование при градостроительстве, наличие многоэтажной застройки приводят к ослаблению латеральных связей между элементарными ландшафтами, что способствует преимущественной аккумуляции загрязнителей в пределах транспортных ландшафтов.

Л и т е р а т у р а

1. **Владимиров В. В., Микулина Е. М., Яргина З. Н.** Город и ландшафт: (проблемы, конструктивные задачи и решения). М., 1986.
2. Государственный градостроительный кадастров. СНБ 3.01.03-98, 1999.
3. **Крюков А. С.** Типология ландшафтов городов // Вопросы географии городов. Волгоград, 1967.
4. **Макаров В. З., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н.** Эколого-географическое картографирование городов. М., 2002.
5. **Мильков Ф. Н.** Человек и ландшафты: Очерки антропогенного ландшафтования. М., 1973.
6. Обследование транспортных потоков и прогнозирование нагрузки сети городских улиц и дорог. – П2-99 к СНБ 3.03.02-97. Мн., 2000.
7. **Перельман А. И.** Геохимия ландшафта. М., 1975.
8. Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь: В 2 ч. Мн., 1997.

9. Светлогорск: экологический анализ города / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, Л. А. Кравчук. Мин., 2002.
10. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978.
11. Тарасов Ф. В. Городские ландшафты (вопросы теории и практики) // Вопросы географии. 1977. С. 58–64.
12. Уайт Э. Экологические подходы к изучению городских систем: ретроспективный анализ и перспективы развития // Природа и ресурсы. 1985. Вып. 21. № 1. С. 12–20.
13. Улицы и дороги городов, поселков и сельских населенных пунктов. БНБ 3.03.02–97. Мин., 1998.
14. Фалолеева М. А. Пространственная структура городских ландшафтов и оценка их экологического потенциала (на примере г. Минска): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мин., 2004.
15. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогохимия городских ландшафтов Беларуси. Мин., 2004.
16. Экогохимия городских ландшафтов / Под ред. Н. С. Касимова. М., 1995.
17. Экологический атлас Москвы / Рук. проекта И. М. Ильина. М., 2000.

В. А. Рыжиков

**ВЫДЕЛЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. МИНСКА)**

Для классификации автотранспортных ландшафтов г. Минска разработана шестиступенчатая шкала, на верхних таксономических уровнях которой (порядок, отдел, раздел) учитываются антропогенные факторы, а на нижних (класс, род, вид) – природнообусловленные. Порядок транспортного ландшафта выделялся в пределах транспортной функциональной зоны. В качестве основного классификационного признака отдела использована интенсивность движения автотранспорта, раздела – степень загрязнения природных компонентов ландшафта (снежного покрова, почв и растительности), класса – класс водной миграции продуктов техногенеза, рода – приуроченность к элементарному ландшафту, вида – особенность специализации литогенного субстрата. Составлены ландшафтно-геохимические карты, на которых отображена структура автотранспортных ландшафтов г. Минска, выявлены вдоль дорог зоны с различными экологическими обстановками, выделение которых осуществлялось по уровню загрязнения основных компонентов ландшафта.

V. A. Ryzhykov

**SELECTION, GRADATION AND CARTOGRAPHY OF MINSK MOTOR
TRANSPORT LANDSCAPES (MINSK CITY AS EXAMPLE)**

To classify Minsk motor transport landscapes a six-grade scale has been developed, in the top taxonomic level of which (order, department, division) anthropogenic factors are considered and in the lower ones – (grade, sort, type) nature stipulated ones. The motor transport landscape order has been selected in limits of vehicle functional zone. As a basic gradation feature of a department the motor transport traffic intensity has been taken, of a division – the contamination degree of landscape natural components (snow cover, soils and vegetation), grade – a grade of water migration of technogenesis products, sort – coincidence time to elementary landscape, type – specificity of specialization of lithogenic substrate. Landscape-geophysical maps had been designed, that reflect Minsk motor transport landscapes, zones of various ecological situations were revealed, selection of which were realized by the level of basic landscape components contamination.

М. И. Петрова

ОЦЕНКА ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕР-ВОДОПРИЕМНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Статья посвящена проблеме эвтрофирования водоемов, испытывающих интенсивное антропогенное воздействие. Количество оценено поступление биогенных веществ из локальных и диффузных источников, а также из донных отложений, и выделены приоритетные источники эвтрофирования для каждого водоема. Сравнительная оценка суммарной фосфорной нагрузки на экосистемы исследуемых водоемов и ее допустимых и критических значений произведена на основе модели Р. Фолленвайдера.

В условиях возрастающего антропогенного давления озера являются одним из самых уязвимых элементов ландшафта. Наиболее значительное и широко распространенное последствие антропогенного воздействия на озерные водоемы – эвтрофирование [7]. Повышение содержания в воде биогенных веществ, прежде всего фосфора, приводит к интенсивному увеличению первичной продуктивности, изменению гидрохимических параметров, деградации качества вод и снижению природно-ресурсного потенциала водоема. В связи с этим получение количественных оценок биогенной нагрузки на озера, выявление особенностей ее пространственного распределения по площади водосбора позволяет рационально управлять водными ресурсами и обеспечить сохранение или восстановление озер.

В качестве объектов исследования выбраны озера, расположенные в пределах Белорусского Поозерья, испытывающие интенсивное и многоплановое антропогенное воздействие: Болойко (Браславский р-н), Большое Ореховское (Оршанский р-н), Кагальное (Глубокский р-н), Лядно (Лепельский р-н), Миорское (Миорский р-н), Россонь (Россонский р-н), Сенно (Сенненский р-н).

Методика оценки фосфорной нагрузки на рассматриваемые озерные экосистемы включала решение следующих задач:

Количественно оценить поступление биогенных веществ из локальных (коммунально-бытовые сточные воды) и диффузных источников (вынос с пахотных угодий, лугов и пастбищ, личных подворий, урбанизированных территорий, лесных и заболоченных участков, поступление в составе атмосферных осадков). Фосфорная нагрузка, связанная со сбросом сточных вод, рассчитывалась исходя из усредненных данных о составе и объеме сточных вод за период 2001–2006 гг. Поступление биогенов из диффузных источников определялось косвенным образом, на основании общепринятых методик [1, 2, 4–6]. Определение поступления фосфора из донных отложений осуществлялось на основании модели М. В. Мартыновой [3].

На основе модели Р. Фолленвайдера [7] рассчитать допустимые и критические нагрузки на исследуемые водоемы, обусловленные их гидрологическими и морфометрическими характеристиками.

Типизировать водоемы в соответствии с особенностями структуры биогенной нагрузки и определить приоритетные природоохранные мероприятия для каждого выделенного типа водоемов.

Результаты проведенных расчетов, представленные в табл. 1, позволяют оценить объемы выноса фосфора (кг/год) в исследуемые озера из различных источников.

Масса фосфора, поступающего в исследуемые озера в составе коммунально-бытовых сточных вод, варьирует в широком диапазоне значений, что обусловлено различиями в концентрации стоков, а также в объемах сбросов. Удельный годовой объем сбрасываемых сточных вод составляет 5–10 % объема озера, однако в отдельных случаях (оз. Кагальное) эти величины могут достигать 15 %. Средняя концентрация фосфатного фосфора в сбрасываемых сточных водах составляет около 1 мг/дм³, достигая 2 мг/дм³ и более. Максимальная масса биогенов, поступающих из локальных источников, отмечена для озер Лядно, Сенно и Большое Ореховское, что связано со значительными объемами сбрасываемых сточных вод (420–570 м³/год) и высокой концентрацией в них фосфатного фосфора (1,5–2 мг/дм³). Минимальный вынос фосфора из точечных источников характерен для оз. Миорское, что связано с небольшими объемами сбрасываемых сточных вод (67 м³/год), основная масса которых используется только для охлаждения оборудования и не загрязняется биогенными элементами.

Основным рассеянным источником поступления фосфора в исследуемые озера является поверхностный смыв с пахотных угодий и урбанизированных территорий, в среднем обеспечивающий, соответственно, 32 и 29 % суммарного выноса фосфора. Наиболее значимо поступление биогенных элементов в составе поверхност-

ного смыва с городских территорий для озер Болойко и Миорское (более половины всех поступлений из диффузных источников). Преобладающее значение пашни и огородов как источника поступления биогенных элементов характерно для озер, расположенных в пределах высокоосвоенных территорий. Так, для озер Кагальное, Россоне и Сенно более половины поступлений фосфора из диффузных источников связано с поверхностным смывом с пахотных угодий. Поступление биогенных элементов в составе поверхностного смыва с лугов и пастбищ наиболее значимо для водоемов, характеризующихся значительными по площади водосборами (Кагальное, Сенно, Большое Ореховское, Россоне): вклад этих источников во внешнюю биогенную нагрузку достигает 1/3. Для водоемов с небольшим водосбором вклад этого источника не превышает 10 %. Влияние животноводства как ис-

точника эвтрофирования исследуемых водоемов значительно снизилось ввиду ликвидации ряда ферм, располагавшихся в пределах водоохраных зон. При этом личные подворья, находящиеся в непосредственной близости от водоемов, продолжают служить источниками поступления биогенных элементов. Их доля в суммарном поступлении фосфора из диффузных источников составляет в среднем около 11 % и значительную роль (более 50 %) играет только для оз. Лядно, где влияние остальных диффузных источников мало. Поступление биогенных элементов в составе атмосферных осадков в большинстве случаев незначительно и составляет менее 10 % для малых по площади водоемов. Существенную роль этот источник играет только для оз. Большое Ореховское, где обеспечивает около трети всех поступлений.

Таблица 1. Поступление фосфора в озера из различных источников, кг/год

Озеро	Коммунально-бытовые сточные воды	Урбанизированные территории	Пашня и огорода	Луга и пастбища	Личный скот	Лес и болото	Атмосферные осадки	Итого
Болойко	736,0	103,4	19,1	12,2	9,8	0,6	40,3	921,4
Б. Ореховское	1 201,0	60,5	—	52,6	—	13,2	62,1	1 389,4
Кагальное	192,0	182,8	634,0	389,6	56,4	14,1	9,3	1 478,3
Лядно	2 076,0	-	125,2	28,7	218,8	5,8	5,2	2 459,7
Миорское	21,0	691,8	160,6	25,9	—	1,5	10,4	911,2
Россоне	637,0	127,1	371,2	111,7	—	11,1	21,4	1 279,5
Сенно	1 476,0	67,7	816,6	414,6	151,3	18,3	28,2	2 972,7

Необходимо отметить, что в пределах водосборов исследуемых озер урбанизированные территории в среднем занимают только 8 %, в то время как их вклад в биогенную нагрузку, связанную с влиянием диффузных источников, достигает 30 %. Для пахотных угодий контраст менее значителен. Средняя площадь пахотных угодий в пределах исследуемых водосборов составляет 21 %, но пашня обеспечивает в среднем 32 % поступлений фосфора. Луга и пастбища, занимая около 20 % водосборных территорий, обусловливают 16–17 % внешней биогенной нагрузки. Средняя площадь лесов и болот в пределах рассматриваемых водосборов составляет около 10 %, однако они обеспечивают только 2 % поступлений фосфора из диффузных источников.

Максимальная биогенная нагрузка, связанная с диффузными источниками, характерна для оз. Кагальное, что обусловлено высокой хозяйственной освоенностью и значительной площадью его водосбора при очень малой акватории озера. Минимальная фосфорная нагрузка отмечена для оз. Большое Ореховское, что связано с высокой лесистостью водосбора, отсутствием пашни и личных подворий, а также незначительной площадью урбанизированных территорий.

Поступление фосфора из вышеуказанных локальных и диффузных источников представляет собой внешнюю биогенную нагрузку на озера. Однако суммарная фосфорная нагрузка включает поступления не только с водосборной территории, но и из донных отложений [3]. Для исследуемых водоемов характерна высокая внутренняя нагрузка, обусловленная значительными объемами поступления фосфора из внешних источников и накоплением его в донных отложениях. Для большинства водоемов внутренняя нагрузка составляет около 18–20 % суммарной биогенной нагрузки, достигая 28–31 % для наиболее трансформированных озер (Кагальное и Лядно).

Преобладающая роль сбрасываемых сточных вод (60 % и более) в суммарной фосфорной нагрузке, как следует из табл. 2, отмечена для трех водоемов из семи исследуемых: Болойко, Большое Ореховское, Лядно. Для озер Россоне и Сенно вклад в фосфорную нагрузку диффузных и локальных источников приблизительно одинаковый и составляет около 40 %. Для рассматриваемых 7 озер локальные источники обеспечивают в среднем около 41 % поступления фосфора. Доминирование диффузных источников в фосфорной нагрузке характерно для

озер Кагальное (поверхностный смыв с пахотных угодий и огородов) и Миорское (смыв с урбанизированных территорий). Средний вклад диффузных источников в суммарную фосфорную нагрузку составляет 37 %.

Для оценки суммарной фосфорной нагрузки на экосистемы исследуемых водоемов в соответствии с работой [1], были рассчитаны величины допустимых и критических биогенных нагрузок, обусловленные их гидрологическими и мор-

фометрическими характеристиками. Как следует из табл. 2, наиболее высокая допустимая биогенная нагрузка характерна для оз. Кагального, что связано с высокой скоростью водообмена. Минимальной допустимой биогенной нагрузкой характеризуется оз. Болойсо, отличающееся замедленным водообменом. Для остальных водоемов данный показатель варьирует в достаточно узком диапазоне значений (от 0,18 до 0,28 г/м²).

Таблица 2. Сравнительная характеристика реальной и допустимой фосфорной нагрузки, г/м²

Водные объекты	Внешняя нагрузка		Внутренняя нагрузка	Суммарная нагрузка	Допустимая нагрузка	Критическая нагрузка
	Диффузные источники	Локальные источники				
Болойсо	0,13	0,53	0,15	0,81	0,12	0,24
Б. Ореховское	0,09	0,56	0,15	0,80	0,18	0,36
Кагальное	8,04	1,20	4,30	13,54	1,19	2,38
Лядно	0,66	3,58	1,70	5,94	0,22	0,44
Миорское	0,77	0,02	0,18	0,97	0,28	0,56
Россоно	0,27	0,15	0,10	0,52	0,14	0,28
Сенно	0,48	0,53	0,20	1,20	0,20	0,40

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что биогенная нагрузка на все исследуемые водоемы на настоящее время превышает допустимую и критическую. Максимальные превышения допустимой нагрузки (в 27 раз) характерны для оз. Лядно, что связано с высокой внешней и внутренней биогенной нагрузкой на водоем, а также с его слабой устойчивостью, обусловленной морфометрическими и гидрологическими особенностями. Многократное превышение допустимой биогенной нагрузки характерно также для озер Кагальное

(в 11 раз), Болойсо (в 7 раз). В первом случае это обусловлено чрезвычайно высокой внешней и внутренней нагрузкой на фоне высокой устойчивости озера, а во втором – высокой нагрузкой и слабой устойчивостью. Для остальных водоемов допустимая биогенная нагрузка превышена в 3–5 раз.

В соответствии с преобладающим источником биогенной нагрузки и ее интенсивностью исследуемые озера-водоприемники сточных вод можно разделить на три основных типа и два подтипа (табл. 3).

Таблица 3. Типизация озер-водоприемников сточных вод

Тип	Биогенная нагрузка		Пример
	из диффузных источников	из локальных источников	
I	Ниже допустимой	Выше допустимой	Б. Ореховское
II	Выше допустимой	Ниже допустимой	Миорское
III	Выше допустимой	Выше допустимой	
III а	Преобладают локальные источники		Сенно, болойсо, лядно
III б	Преобладают диффузные источники		Кагальное, россоно

Водоемы первого типа характеризуются повышенной фосфорной нагрузкой из локальных источников при незначительном влиянии диффузных источников. Профилактические мероприятия в этом случае должны предусматривать прекращение сброса сточных вод или полное удаление биогенных элементов из стоков. Для сохранения водоемов, отнесенных ко второму типу, первоочередной задачей является снижение поступления из диффузных источников (повышение лесистости, смена видов и способов ведения хозяйственной деятельности, контроль поступления питательных веществ в составе притоков, снижение эмиссий эвтрофирующих веществ в атмосферу и др.). Основная масса во-

доемов относится к третьему типу, характеризующемуся повышенной биогенной нагрузкой, связанный с поступлениями как из локальных, так и из диффузных источников. Профилактические мероприятия в этом случае должны включать меры по снижению воздействия всего комплекса вышеперечисленных источников с акцентом на преобладающий источник в данном подтипе. Высокая внутренняя биогенная нагрузка и «вторичное» загрязнение фосфором из донных отложений, характерное для всех исследуемых озер, обуславливают необходимость проведения не только вышеуказанных профилактических, но и восстановительных природоохранных мероприятий, выбор которых должен осуществляться

с учетом природных особенностей водоема, интенсивности антропогенной нагрузки и потенциальной ценности озера.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать ряд выводов:

1. Суммарная биогенная нагрузка на все исследуемые водоемы многократно превышает допустимые и критические величины.

2. Основу эвтрофирования озер Болойсо, Большое Ореховское, Лядно составляет сброс коммунально-бытовых стоков, содержащих значительные количества биогенных элементов. Поступление питательных веществ из диффузных источников преобладает для озер с большими и

высокоосвоенными водосборами: Кагальное (вынос с огородов и пашни) и Миорское (поверхностный смыв с городской территории). Для озер Россонь и Сенно влияние локальных и диффузных источников равнозначно. Значительную роль в эвтрофировании исследуемых водоемов играет внутренняя биогенная нагрузка.

3. Сложившаяся экологическая ситуация обуславливает необходимость принятия соответствующих профилактических мер по снижению поступления фосфора в озера (как из локальных, так и из диффузных источников), а также проведения ряда восстановительных мероприятий.

Л и т е р а т у р а

1. **Буров В. С.** Исследование выноса минеральных удобрений с сельскохозяйственных угодий склоновым стоком // Тр. ГГИ. 1971. № 198. С. 176–196.
2. **Емельянов Ю. Н., Мысливец И. Л., Романов В. П.** Основные факторы формирования стока питательных веществ с водосборной площади озерных водоемов. // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Тез. докл. III Всесоюз. симпоз. Черноголовка, 1983. С. 197–198.
3. **Мартынова М. В.** Азот и фосфор в донных отложениях озер и водохранилищ. М., 1984.
4. Обобщение данных о животноводческих комплексах, их расположении, способах утилизации, определение возможных загрязнений с их территории, площадей утилизации стоков. Мин., 1995.
5. **Романов В. П.** Формирование стока биогенных веществ в малые озера из рассеянных источников (на примере Белорусского Поозерья): Дис. ... канд. геогр. наук. Мин., 1985.
6. **Хват В. М., Симкин В. А., Мостовенко В. П.** Поверхностный сток городов и пути ликвидации его вредного влияния на водные источники. // Разработка и организация комплекса водоохраных мероприятий: Тез. сообщ. Всесоюз. науч.-техн. совещания. Харьков, 1973. С. 231–236.
7. **Vollenweider R. A.** Input – output model with special reference to the phosphorus loading concept in limnology // Hydrologie. 1975. Vol. 37, № 1. P. 53–84.

М. И. Петрова

ОЦЕНКА ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕР-ВОДОПРИЕМНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Статья посвящена проблеме эвтрофирования водоемов, испытывающих интенсивное антропогенное воздействие. В качестве объектов исследования выбраны озера, расположенные в пределах Белорусского Поозерья и испытывающие интенсивное и многогранное антропогенное воздействие. Количественно оценено поступление биогенных веществ из локальных (коммунально-бытовые сточные воды) и диффузных источников (вынос с пахотных угодий, личных подворий, урбанизированных территорий, лугов и пастбищ, лесных и заболоченных территорий, выпадение в составе атмосферных осадков), а также определена внутренняя нагрузка, связанная с поступлением фосфатов из донных отложений. В результате проведенных исследований определено, что основная масса фосфатов поступает в озера в результате сброса сточных вод. Преобладание поступления биогенных веществ из диффузных источников (вынос с пахотных угодий и урбанизированных территорий) отмечено для озер с большими и освоенными водосборами. Значительную роль в эвтрофировании исследуемых водоемов играет внутренняя биогенная нагрузка.

На основе модели Р. Фолленвайдера рассчитаны допустимые и критические фосфорные нагрузки на исследуемые водоемы, обусловленные их гидрологическими и морфометрическими характеристиками. Суммарная биогенная нагрузка на все исследуемые водоемы многократно превышает допустимые и критические величины.

В соответствии с преобладающим источником биогенной нагрузки и ее интенсивностью исследуемые озера-водоемы сточных вод были разделены три основные типа и два подтипа. Водоемы первого типа характеризуются повышенной биогенной нагрузкой из локальных ис-

точников при незначительном влиянии диффузных. Для озер второго типа характерно преобладание поступления фосфатов из рассеянных источников при допустимой нагрузке из точечных источников. Основная масса водоемов относится к третьему типу, характеризующемуся повышенной биогенной нагрузкой, связанной с поступлениями как из локальных, так и из диффузных источников. Различия в структуре биогенной нагрузки наряду с природными особенностями водоема и его потенциальной ценностью должны учитываться при разработке профилактических и восстановительных мероприятий.

M. Petrova

**THE ESTIMATION OF PHOSPHOROUS LOADS ON
ECOSYSTEMS OF WASTE-WATER AFFECTING LAKES**

This article is dedicated to the problem of an eutrophication of lakes under the influence of heavy and multipronged human impact. The objects of the investigation are the waste-water affecting lakes situated within the bounds of Belarusian Poozer'e. Ingress of nutrients from local sources (domestic sewage) and diffusive sources (arable land, farmstead, urban land, meadow and pasture areas, forest and bog areas and atmospheric precipitation) has been scoring. Internal load, due to the release of phosphorous from sediments also has been scoring. As a result of the investigation has been determined that the bulk of phosphorous ingress in lakes with sewage. Predominance of non-point sources (arable land, urban land) has been defined for the lakes with large and high-cultivated watershed. Internal nutrients load has significant influence on the lakes eutrophication.

Based on R. Vollenweider model, permissible and critical loads, caused by hydrological and morphometric characteristics, has been calculated. Total nutrients load to the all lakes under investigation exceeds permissible and critical values.

In accordance with dominating sources of nutrients load, its intensity and permissible values, waste-water affecting lakes has been divided into three types and two subtypes. First type's lakes are characterized by heightened load from point sources and insignificant influence of non-point sources. Ingress the bulk of nutrients from diffusive sources is typical for second type's lakes. Most of lakes under investigation are referred to the third type, which are characterized by heightened load both from point and non-point sources. Differences in structure of nutrients load, along with natural peculiarities of lakes and its potential value, have to be taken into account when control measures and remedial technique are worked out.

В. Е. Тышкевич

ВАЖНЕЙШИЕ ОХОТНИЧЬИ РЕСУРСЫ ЗАКАЗНИКОВ «КОЗЬЯНСКИЙ», «НАЛИБОКСКИЙ» И «ОСТРОВА ДУЛЕБЫ»: ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ, МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Определены распространение и запасы охотничьих ресурсов (*Bison bonasus L.*, *Alces Alces L.*, *Cervus elaphus L.*, *Capreolus Capreolus L.*, *Sus scrofa L.*, *Tetrao urogallus*, *Tetrao tetrix*, *Bonasa bonasia*) в заказниках, предложены методы восстановления и рационального использования ресурсов.*

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) Беларусь существенно воздействуют на распространение ценных видов фауны, а система охраны промысловых и редких видов через организацию ООПТ стала определяющей в сохранении и восстановлении популяций зубра, оленя, лоси, косули, кабана, бобра и рыси (табл. 1) [1–6]. Благоприятный режим рефугиумов, выработал миграционное поведение у копытных и хищников (избегают преследования, концентрируются на период гона). Исследования фауны заказников «Налибокский», «Козьянский» и «Острова Дулебы» проводятся с первой половины XX в. Охотниче-промышленные виды и после окончания в 1991 г. работ Всесоюзных НИИ охотничьего хозяйства и Института эволюции и экологии АН СССР остаются объектами изучения. В 2006 г. приуроченность к биотопам и плотность населения оленевых за зимний период устанавливалась по распределению их экскрементов в преобладающих типах леса [8–10], изучение биотопического распределения и учет оленевых, кабана и зубра с мая по октябрь – на основании визуальных наблюдений. Численность ресурсных видов птиц – тетеревиных установлена по результатам учета на токах и на линейных трансектах (пробных площадках).

На ООПТ наиболее широко представлены: сосняки-мшистые – от 26 и 20 % в «Ост. Дулебы» и в «Козьянском» до 10 % в «Налибокском»; сосняки-черничные – от 14 % в «Ост. Дулебы» и «Козьянском» до 9 % в «Налибокском»; сосняки-долгомошные – 13 % в «Налибокском» и 7 % в «Ост. Дулебы» и «Козьянском»; березняки орляковые и черничные – в заказнике «Ост. Дулебы» (25 и 26 % соответственно), в «Козьянском» – 13 и 24 %, 4 % березняков черничных в лесах заказника «Налибокский» [9, 10]. Экстраполяция полученных показателей населенности позволила рассчитать численность и плотность населения основных охотничьих ресурсов (табл. 2).

Более высокая населенность оленя по сравнению с учетами его следов при зимнем маршрутном учете (ЗМУ) связана с сосредоточением на осенне-зимний период [10, 14–16, 19]. Рассматривая миграции, необходимо помнить, что полевые угодья (прилегающие и внутри) в состав заказников не включены. Выше по сравнению с ЗМУ [11], населенность косули в заказнике «Ост. Дулебы» (концентрация возле полей). Отметим выявленную встре-

чаемость зубров по всему заказнику «Налибокский». Численность кабана из-за прекращения подкормки в «Налибокском» сокращается из-за выселения в угодья, в которых подкормка проводится.

По данным учета оленевых за зимний сезон во всех типах леса, кроме сосновых долгомошных, наиболее высокая населенность угодий у косули (табл. 3). Вместе с тем, рассматривая полученные показатели, необходимо помнить, что площади, пригодные для ее обитания, различны. В «Налибокском» косуля занимает 90 % биотопов (кроме заболоченных). В заказнике «Ост. Дулебы» для обитания косули пригодно 55 % угодий (кроме заболоченных). Аналогично характеризуется и среда обитания в «Козьянском». Олень, избегая болот и заболоченных лесов, концентрируется в лесных массивах на осенне-зимний период [10, 14–16, 19]. Зимние стации лося в небольшой степени связаны с заболоченными угодьями, значение которых в экологии вида отчетливо проявляется в летне-осенний (до заморозков) период. Характерной особенностью экологии лося является образование сезонных скоплений (стойбищ [7]). Наличие стойбищ подтверждают учеты в заказниках [5, 6]. Таким образом, судоходные и ставшие проточными в результате мелиорации типы леса – основные зимние пастбища оленевых, а наиболее высокая плотность населения оленевых отмечена для лесов, в напочвенном покрове которых произрастают кустарнички. Отчетливо это прослеживается в сосновых – плотность населения оленевых в сосновых черничных более чем в 3 раза выше, чем в сосновых мшистых. Двукратная разница показателей населенности березняков черничных по сравнению с остальными березняками указывает на главенствующую роль черничных типов леса в качестве зимних пастбищ для всех трех видов оленевых. Усредненные показатели населенности 1 тыс. га подобных типов леса заказников оленевыми близки или несколько выше 10 особей. При этом показатели плотности населения (1 тыс. га) у косули варьируют в пределах 19–24 особей, лося – 8–13, олена – 4–5 особей. Близки показатели населенности лосем 1 тыс. га черничных типов леса в заказниках «Налибокский» и «Ост. Дулебы» (7–9 особей), а в «Козьянском» эти показатели достигли рекордных для Беларусь пределов в 8–19 особей (в связи многочисленностью не исключаются сезонные миграции).

Таблица 1. Исторически сложившийся режим использования территории заказника «Налибокский»

Период	Статус территории	Режим Использования	Методы охраны	Охраняемые и охотничьи виды	Источник
15–16 вв.	Охраняемая территория	Охотничьи угодья великих князей (аналогично Беловежской пуще)	Запрет нерегламентированной охоты	Зубр, лось, олень, косуля; «вредные» медведь, рысь, волк	Метрика Великого Княжества Литовского
16–18 вв.		Охотничьи угодья Статус "Королевской пущи"	Запрет нерегламентированной охоты	Зубр, лось, олень, косуля; «вредные» медведь, рысь, волк	Ординация пущ и переходов звериных ВКЛ
19 в.–1914 г.		Охотничьи угодья (аналогично Беловежской пуще)	Запрет нерегламентированной охоты и рубок леса	Лось, олень, косуля, медведь, глухарь, бобр; «вредные» рысь, волк	«Любитель Природы» № 7–8, 1914, Петроград
1920–1929 гг.		Охотничий резерват	Запрет охоты и сплошных рубок леса	Лось, кабан, косуля, медведь, глухарь, бобр; «вредные» рысь, волк, лисица	«Gospodarstwo lesne – Lowiectwo» 1930., Варшава
1929–1939 гг.		Начато восстановление оленя и европейской лани	Регламентированная охота, ограниченные рубки леса	Лось, кабан, косуля, олень, лань , бобр, медведь, глухарь, рысь; «вредные» волк, медведь	«Gospodarstwo lesne – Lowiectwo» 1939., Варшава,
1940–1951 гг.		Вяловичский заповедник (15 % площади), встречаются олень и лань	Запрет охоты в зап-ке, на остальной территории режим лесхоза	Лось, кабан, косуля, олень, лань , бобр, медведь, глухарь; «вредные» рысь, волк, медведь	Энциклопедический словарь «Природа Беларусь», т. 1. 1984
1951–1960 гг.		Угодья общ. пользования	Заготовка леса, мелиорация болот, заготовка торфа	Охрана угодий от самовольных порубок	Исчезают лань, олень, медведь , сокращается численность лося и косули
1960–1973 гг.	Охотничий заказник	Госкомитет СМ БССР по охране природы, эксплуатация спелых насаждений	Запрет охоты, регламентация пользования	Увеличивают численность и многочисленны лось (430), кабан (360), бобр, глухарь	Энциклопедический словарь «Природа Беларусь», т. 3. 1984
1973–1991 гг.		Лесомелиорация, спрямление рек, создание агроценозов на мелиорированных землях, отстрел копытных, рубки леса	Запрет массовых охот на виды, не относящиеся к лицензионным	Сохраняются стабильные популяции лося, кабана, бобра, вселение оленя; регулирование численности волка в конце 80-х, сокращается численность волка и рыси	Проект организации и развития Налибокского охотничьего заказника (1988)
1991–1998 гг.		Создание агроценозов, отстрел копытных и глухаря, масштабные рубки леса	Запрет массовой охоты	Сокращается численность лося, глухаря, олена, вселение зубра , малочисленность волка и рыси	Совр. сост. оленевых, зайцеобр. и глухаря в Налибокской пуще «Лесное и охотничье хозяйство» № 2, 2002
1998–2004 гг.	Охотничий хозяйства лесхозов и ЗАО	Деградация агроценозов, рубки леса, отстрел копытных и глухаря, ликвидация охотхозяйств, передача угодий в резервный фонд	Режим охотничьего хозяйства	Рост численности зубра и заселение им угодий. Сокращается численность лося и олена, наступает депрессия численности глухаря и зайца-беляка, появляется рысь	Концепция сохр. и управления популяциями копытных в Налибокской пуще «Лесное и охотничье хоз-во» № 2, 2003
2005–2008 гг.	Ландшафтный заказник	Деградация агроценозов на мелиорированных торфяниках (начато залужение), масштабные рубки леса	Режим территории с ограниченным природопользованием	Рост численности зубра. Стабилизация численности лося и олена, депрессия численности глухаря и зайца-беляка. Рост численности волка и рыси	Обоснование восстановление режима заказника. (БГУ) 2005

Таблица 2. Численность и плотность населения диких копытных в заказниках на 1.04.2006 г.

Вид	Показатель	Заказник					
		Налибокский		Острова Дулебы		Козьянский	
1	2	3	4	5	6	7	8
Зубр, обитает на 60 тыс. га	Всего, особей	60	54	—	—	—	—
	Особей на 1 тыс. га	1,0	2,5	—	—	—	—
Кабан (пригодные угодья)	Всего, особей	270	250	170	150	400	500
	Особей на 1 тыс. га	3,85	3,5	5,91–6,53	5,7	10–11,2	12,5
Лось (пригодные угодья)	Всего, особей	200	200	90	100	300 и >	350
	Особей на 1 тыс. га	2,94–3,1	3,0	3,32–3,46	3,8	6,9–7,5	8,7
Олень (пригодные угодья)	Всего, особей	до 360	300	22	—	—	—
	Особей на 1 тыс. га	4,91–5,14	5,0	1,0–1,3	—	—	—
Косуля (пригодные угодья)	Всего, особей	850	1100	140	100	350–400	370
	Особей на 1 тыс. га	12,0–12,14	15,7	6,36–7,12	4,0	9,12–9,65	10,0

Примечание. 3, 5, 7 – экстраполяция учтенных экскрементов и по визуальному учету зубра и кабана; 4, 6, 8 – данные получены методом зимнего маршрутного учета в марте.

Таблица 3. Плотность населения оленевых на 100 га в наиболее распространенных типах леса заказников в зимний период 2006 г.

Заказник	Вид	Показатель	Формация, тип леса, плотность							
			Сосняк			Березняк				
			мшистый	черничный	долго-мошный	орляковый	черничный	папоротнико-вый		
Острова Дулебы	Косуля Лось Олень	Плотность населения копытных (населенность), особей на 100 га	0,2–0,6	2,1–2,3	> 0,1	0,8–1,1	2,2–2,3	1,0–1,1		
			0,2–0,4	0,8–0,9	0,2–0,3	0,3–0,4	0,7–0,8	0,3–0,4		
			> 0,1	0,2–0,3	—	> 0,1	0,2	> 0,1		
Козьянский	Косуля Лось Олень		0,2–0,4	2,0–2,1	> 0,1	0,3–0,5	1,2–1,5	1,0–1,1		
			0,3–0,5	1,2–1,9	0,2–0,3	0,5–0,6	0,8	0,5		
			—	—	—	—	—	—		
Налибокский	Косуля Лось Олень		0,8–0,9	2,6–2,9	0,5	0,8	2,3–2,7	1,3–1,5		
			0,3	0,8–0,9	0,2	0,5	0,8	0,4		
			0,5	0,9–1,1	0,3	0,4	0,8–1,0	0,2–0,3		
Косуля, показатель населенности			0,46–0,56	2,23–2,43	0,23	0,63–0,8	1,9–2,16	1,1–1,23		
Лось, показатель населенности			0,26–0,4	0,93–1,3	0,2–0,26	0,43–0,5	0,76–0,8	0,4–0,43		
Олень, показатель населенности			0,3	0,55–0,7	0,3	0,2	0,45–0,55	0,15–0,2		
Олени(все), средняя населенность			0,31–0,46	1,32–1,55	0,22–0,25	0,46–0,55	0,98–1,1	0,53–0,6		

Исследования распределения оленя подтверждают определяющее значение типов леса черничных [10, 15, 16, 19]. Неоднородность распределения копытных связана с сельским и лесным хозяйством, и повсюду, где встречались озимые, олени посещали поля. Вместе с тем лоси регулярно кормились в осинниках и на лесосеках. Ограниченнное количество лесосек осины и ветровальные участки этой породы в заказ-

нике «Ост. Дулебы» и выявленные на них экскременты лося позволили охарактеризовать уроцища как зимние стойбища [1, 5, 6, 10] и достаточно точно локализовать. В уроцищах, смежных «Налибокскому», олени, косули и кабаны интенсивно посещали сенажные ямы. В связи с затяжной весной 2006 г. мы отмечали оленевых на полях озимых культур вплоть до конца мая.

Таблица 4. Биотопическое распределение копытных по данным визуальных наблюдений с мая по август

Заказник	Период наблюдений	Вид	Посещение стаций копытными								Всего копытных		
			Открытые				Лесные						
			сено-косы	агроценозы – озимые	вырубки > 5 га, поляны	поймы > 5 га	хвойные	листственные	вырубки < 5 га, поляны	поймы < 5 га	особей	%	
Налибокский	Май – июнь	Зубр	24	2	14	7	–	1	1	2	51	6,5	
		Кабан	70	1	39	27	1	8	9	14	169	21,6	
		Косуля	17	90	81	86	3	11	39	44	274	35,1	
		Лось	2	27	22	11	1	8	7	10	88	11,3	
		Олень	7	71	40	33	–	9	16	23	199	25,4	
Число встреч копытных в заказнике			120	191	196	164	4	37	72	93	781	100	
%			15,36	24,45	24,93	20,99	0,51	4,73	9,21	11,90	100		
Острова Дулебы	Май – июнь	Кабан	10	–	14	10	–	3	9	10	56	25,2	
		Косуля	19	–	29	14	2	5	10	17	96	43,2	
		Лось	1	–	17	12	–	6	10	10	56	25,2	
		Олень	1	–	6	3	–	1	1	2	14	6,3	
Число встреч копытных в заказнике			31	–	66	39	2	15	30	39	222	100	
%			13,96	–	29,72	17,56	0,90	6,75	13,51	17,56	100		
Козьянский	Май – июнь	Кабан	18	–	27	3	–	2	14	9	73	44,3	
		Косуля	3	–	7	4	–	2	2	3	21	12,7	
		Лось	5	–	19	8	2	9	17	11	71	43,0	
Число встреч копытных в заказнике			26	–	53	15	2	13	33	23	165	100	
Налибокский	Июль – август	Зубр	49	–	2	10	–	1	1	3	66	9,7	
		Кабан	–	120	4	9	–	2	5	6	146	21,5	
		Косуля	108	23	45	31	3	13	23	19	265	38,9	
		Лось	5	1	36	19	2	4	19	12	98	14,5	
		Олень	37	4	9	17	1	7	14	16	105	15,4	
Число встреч копытных в заказнике			199	148	96	86	6	27	62	56	680	100	
%			29,26	21,76	14,11	12,64	0,88	3,97	9,11	8,23	100		
Острова Дулебы	Июль – август	Кабан	3	16	9	111	–	3	11	11	164	48,5	
		Косуля	11	5	39	14	–	7	21	17	114	33,5	
		Лось	2	–	19	7	1	2	9	5	43	12,4	
		Олень	2	–	7	2	–	1	3	4	19	5,6	
Число встреч копытных в заказнике			18	21	74	151	1	13	44	37	340	100	
%			5,29	6,17	21,76	44,41	0,29	3,82	12,94	10,88	100		
Козьянский	Июль – август	Кабан	6	29	11	14	1	4	10	14	89	28,0	
		Косуля	5	14	37	32	–	1	9	17	115	36,4	
		Лось	2	1	39	37	2	5	14	13	113	35,6	
Число встреч копытных в заказнике			13	44	87	83	3	10	33	44	317	100	
%			4,10	13,88	27,44	26,18	0,94	3,15	10,41	13,88	100		

Биотопическое распределение в начале вегетационного периода растений зависит от кормов, которые олени находят там, где сроки вегетации наступают ранее – агроценозы или вырубки (табл. 4). В мае – июне зубры выпасались на сенокосах и в поймах. Дикие кабаны посещают вырубки и заболоченные луга, поля зерновых. Конкретно в Налибокском заказнике в этот период кабаны и зубры отдавали предпочтение многолетним травам сенокосов, что связано с более ранней вегетацией в открытых стациях. В заказниках «Ост. Дулебы» и «Козьянский» дикие кабаны в мае – июне кормились на вырубках и в поймах (разыскивали беспозвоночных). Применение землепользователями преимущественно яровых культур и ржи не вызывало в этот период их активного посещения кабаном и зубром. Характеризуя биотопическое распределение оленевых в начале вегетационного периода кормовых растений (с мая по июль), отметим значение вырубок. Затем, при наличии агроценозов, пастьба смещается в эту категорию. При отсутствии агроценозов сохраняется главенствующее положение больших вырубок и начинается использование мелких пойм и вырубок. Позднее оленевых привлекают сенокосы. К августу олени и зубр смещались в стации с наличием отавы. Отметим, что гон у оленя и зубра проходил на самых крупных пастищах [8, 19]. В июле-августе олени предпочитали большие вырубки, а также сенокосы, поймы (с отавой), лиственные молодняки и вырубки. Зубра в большей степени привлекали сенокосы и крупные поймы. В экологии кабана важное значение приобретают зерновые культуры: на полях, вплоть до уборки, наблюдалось более 50 % кабана.

Необходимо отметить различное значение биотопов копытных. Оно зависело от использования ландшафтов в хозяйственной деятельности. Например, проведение биотехнических мероприятий (бобовые, кукуруза, озимые, зерновые и др.) способно концентрировать значительное число копытных (отсутствие приводит к более равномерному распределению животных или миграции в агроценозы) [8–10, 14–16]. По этой причине сезонная локализация копытных возможна для тех видов, которые наиболее консервативны, по отношению к ведущим кормовым стациям, т. е. для зубра и кабана.

Выявление мест концентрации оленя и лося в сентябре проведено в период гона («рев» оленя, «стон» лося). Места гона оказались приуроченными к уроцищам, в которых сосредоточились самки (с потомством), а решающим фактором в отборе стаций оказался кормовой [19] (открытые и частично лесные стации – сенокосы, поймы и вырубки). В период рева большинство оленей в «Налибокском» отмечено на сенокосах, в заказнике «Ост. Дулебы» – на вырубках и в поймах. Стации прохождения гона (стона) у лося – вырубки и поймы, не значительно отделенные от водотоков или заболоченных угодий. Это связано с концентрацией большинства животных в уроцищах с большими запасами кормов. В ряде случаев (по причине летне-осенних паводков) гон у лося проходил в покры-

тых водой поймах и подвергшихся заболачиванию торфоразработках. Оценивая показатели плотности населения копытных в заказниках на октябрь 2006 г., когда животные прекращают посещать открытые стации, наиболее пригодные для учетов (табл. 5), необходимо отметить различное изменение показателей населенности копытными.

Возросшая населенность «Налибокского» кабаном вызвана концентрацией на полях зерновых культур. В оседлых популяциях кабана в заказниках «Ост. Дулебы» и «Козьянском» показатели населенности выросли только на 17 и 25 % соответственно. Благодаря высокой представленности летних кормовых стаций лося в «Налибокском» высока вероятность сезонного заселения угодий (заболоченных и лиственных лесов). Для оседлых популяционных группировок лося в заказниках «Ост. Дулебы» и «Козьянском» показатели населенности угодий лосем выросли на 10 и 16 % соответственно. Небольшое увеличение показателей населенности угодий косулей заказников «Налибокский» и «Козьянский» связано с высоким прессы хищников (волка и рыси). Значительное увеличение показателей населенности угодий косулей в заказнике «Ост. Дулебы» наряду с выявлением недоучета методом ЗМУ может быть связано с сокращением численности волка и рыси. На фоне роста населенности оленем заказника «Ост. Дулебы», аналогично косуле, в целом по «Налибокскому» произошло сокращение населения оленей (на 70 особей). Репродуктивные миграции оленей в заказник в августе-сентябре [10, 14–16] исключают уход животных (сокращение популяции оленя рассмотрено в публикации [19]). Основная причина начала депопуляции оленя – рост численности хищников в заказнике (более 30 волков, 10 рысей, 500 лисиц). Говоря о ведущей причине неустойчивого состояния оленя, необходимо отметить, что элиминация видов, являющихся нежелательными для охотничьего хозяйства, в «Налибокском» не ведется (в той части заказника, по периметру которой проводилась борьба с волком, доля молодых оленей более высокая).

Изучение показателей населенности угодий копытными в заказниках также указывает на неустойчивость популяционных группировок копытных к хищничеству волка и рыси, которые широко распространены и отчетливо влияют на численность [10, 19].

Охотовстроителями экспедициями Белорусского лесоустроительного предприятия Госкомитета СССР по лесному хозяйству в заказниках уже к 1988 г. были выявлены основные тока тетеревиных птиц и их основные выводковые стации (по «Проекту организации и ведения охотничьего хозяйства» до недавнего времени велось управление тетеревиными птицами).

Выборочные учеты численности тетеревиных, проведенные на самых крупных токах птиц, позволили с высокой точностью оценить численность глухаря и тетерева. В дополнение к конкретизированным данным о численности видов учеты на трансектах в преобладающих типах лесов

са (табл. 6 и 7) позволили установить плотность их населения и биотопическую приуроченность.

Наиболее высокая численность тетеревиных птиц получена для рябчика (табл. 8). Это связано с широким распространением рябчика и высоким качеством среды обитания (захламленностью лесов). На фоне среднемноголетней численности рябчика ее колебания незначительны, но роста численности не наблюдается с 1999 г. Среди биотопов высокой плотностью населения

данного вида птиц (1,0 особ./100 га и выше) отличаются сосняки черничные, березняки черничные и папоротниковые, ниже населенность (в порядке убывания) березняков орляковых и сосновок мшистых и долгомошных. Вид наиболее подвержен влиянию хищничества (от мелких хищных птиц и куньих до рыси), отчасти размеры выводков могут сокращаться из-за неблагоприятной погоды.

Таблица 5 – Населенность 1 тыс. га пригодных для обитания копытных угодий к 01.10.2006 г.

Вид	Заказник					
	Налибокский		Острова Дулебы		Козъянский	
	особей	плотность особей на 1 тыс. га	особей	плотность особей на 1 тыс. га	особей	плотность особей на 1 тыс. га
Зубр	67	1,09–1,11	Не встречается		Не встречается	
Изменение населения, %	+12		–		–	
Кабан	400	5,71–5,89	200	8,9–9,09	500	12,0–12,5
Изменение населения, %	+48		+17		+25	
Лось	240	3,41–3,52	100	3,69–3,84	350 и >	8,5–8,75
Изменение населения, %	+20		+10		+16	
Олень	290	4,14–4,22	22–30	1,1–1,5	Не встречается	
Изменение населения, %	- 20		+10–13		–	
Косуля	900	12,85–13,09	170	8,1–8,5	400	10,0
Изменение населения в %	+6%		+21%		–	

Таблица 6. Численность глухаря и тетерева по данным учета на токах в апреле

Заказник	Вид	Количество обследованных токов	Соотношение самцов и самок, принятное для определения численности на токах	Всего
Острова Дулебы	Глухарь	7	62:62	124
	Тетерев	5	76:76	152
Козъянский	Глухарь	21	100:100	200
	Тетерев	27	150:150	300
Налибокский	Глухарь	7	14:14	28
	Тетерев	10	117:117	234

Таблица 7. Плотность населения тетеревиных птиц на 100 га леса в июле-августе

Заказник	Вид	Показатель	Формация, тип леса, плотность							
			Сосняк			Березняк				
			мшистый	черничный	долго-мошный	орляковый	черничный	Папоротниковый		
Острова Дулебы	Тетерев Глухарь Рябчик	Плотность населения тетеревиных птиц, особей на 100 га	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1		
			0,2	0,9	0,4	0,3	0,7	0,3		
			0,4	0,9	0,1	0,5	0,9	0,8		
Козъяновский	Тетерев Глухарь Рябчик		0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,4		
			0,5	1,2	0,6	0,5	0,9	0,5		
			0,5	1,1	0,2	0,9	1,3	1,0		
Налибокский	Тетерев Глухарь Рябчик		0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1		
			0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1		
			0,4	1,0	0,5	0,8	1,9	1,8		
Среднее значение плотности населения тетерева в заказниках			0,13	0,13	0,3	0,2	0,13	0,2		
Среднее значение плотности населения глухаря в заказниках			0,27	0,77	0,43	0,3	0,6	0,3		
Среднее значение плотности населения рябчика в заказниках			0,43	1,0	0,27	0,73	1,37	1,2		
Среднее значение плотности населения тетеревиных птиц в заказниках			0,28	0,63	0,33	0,41	0,7	0,57		

Таблица 8. Численность и плотность населения тетеревиных птиц на 1 тыс. га свойственных виду (пригодных для обитания) угодий

Вид	Заказник					
	Налибокский		Острова Дулебы		Козьянский	
	особей	плотность особей на 1 тыс. га	особей	плотность особей на 1 тыс. га	особей	плотность особей на 1 тыс. га
Глухарь	30–40	0,9–1,1	120–130	4,1–5,0	200–230	5,1–5,8
Тетерев	200–250	3,7–5,1	150–170	5,1–8,9	240–300	6,1–7,5
Рябчик	1500–2000	25,1–30,0	300–400	15,1–20,0	600–800	15,1–20,0

Депопуляция глухаря в «Налибокском» и продолжающееся сокращение его численности, без сомнения, следует связывать с лесомелиорацией (до 10% сократившей заболоченность) и вырубкой сосняков за период упразднения заказника. Последствиями стали лесные пожары и деградация местообитаний (из-за искусственного облесения). Населенность угодий глухарем катастрофически низкая – 0,3–0,1 особи на 100 га, последним убежищем вида стали сосняки долгомошные. Повсеместное распространение хищников (пернатых и четвероногих) и их суммарное воздействие продолжает сокращать численность западноевропейского подвида глухаря в «Налибокском» [10, 17]. В настоящее время даже тотальное истребление хищников и кабана (с целью сохранения кладок тетеревиных) уже не способно остановить депопуляцию.

Отсутствие прироста численности глухаря на других ООПТ следует соотносить с увеличением численности хищников (рысь, лисица, крупные хищные птицы) и, вероятно, деградацией ягодников (из-за вырубок, пожаров и пр.), т. е. с факторами, мало зависящими от пресса охоты (1 % в год). Населенность угодий глухарем, относительно остальных типов леса, высока в черничных типах леса и в некоторых биотопах приближается к 1 особи на 100 га. В «Козьянском» заказнике сохранили значение для вида сосняки долгомошные и мшистые и березняки орляковые и папоротниковые, а в заказнике «Ост. Дулебы» – те же типы леса, но при более низких показателях населенности.

Состояние популяций тетерева можно оценивать как стабильное, с незначительным сокращением численности. Некоторое укрупнение токов этого вида, наблюдаемое на всех ООПТ, вероятнее всего, связано с искусственным (редко естественным) облесением части токовищ и сосредоточением птиц на сохранившихся токах. Влияние хищников также многократно снижает прирост в популяциях этого вида. Учеты, проведенные в сосняках долгомошных, выявили обитание птиц в этих биотопах на всех ООПТ, а в заказнике «Ост. Дулебы» тетерева отмечены еще и в березняках орляковых, тогда как в «Козьянском» распределялись по биотопам более равномерно. Приверженность птиц к открытым местообитаниям и сроки учетов, совпавшие с периодом копошения зерновых, не позволили установить четкую биотопическую привязанность и оценить населенность угодий «Налибокского» тетеревами.

После проведенной оценки состояния ресурсов традиционной для охотоведения является разработка методов восстановления ресурсов популяций и устранения факторов, препятствующих их использованию.

Территории заказников – природные комплексы, характеризующиеся относительно высокой численностью многих видов охотничьих животных и наличием стаций, обеспечивающих их воспроизводство (пригодных в качестве среды обитания). Использование данных территорий должно идти не только по пути сохранения и восстановления популяций хозяйственно ценных видов животных, но и по пути использования охотничьих ресурсов. Если для заказника «Налибокский» перспективным направлением является повышение уровня воспроизводства отдельных видов копытных (зубр, благородный олень, косуля с целью расселения), то для заказников «Козьянский» и «Острова Дулебы» – увеличение численности копытных на территории заказника (прилегающих территориях) с целью увеличения их использования.

В ранее опубликованных работах [5, 19] уже предлагались некоторые меры по восстановлению популяций ресурсных видов фауны. В 2002 г. угодья Налибокской пущи в связи с катастрофическим сокращением численности животных были изъяты у пользователей и переданы в Государственный резервный фонд охотничьих угодий (одновременно введен мораторий на охоту). В 2005 г. режим заказника «Налибокский» был восстановлен, и правомочное использование ресурсных видов фауны в нем может проводиться после достижения животными оптимальных показателей населенности угодий. Заказники «Козьянский» и «Острова Дулебы» традиционно продолжают использоваться для ведения специализированного охотничьего хозяйства и являются эпицентрами крупнейших региональных популяций ресурсных видов.

Наиболее оптимальные методы восстановления и использования популяций ресурсных видов приведены в табл. 9 и в большинстве своем укладываются в рамки традиционных для охотничьих хозяйств и ООПТ хозяйственных работ. Определение оптимальной населенности угодий копытными и стаций, пригодных для обитания тетеревиных, возможно на основании базового лесоустройства заказников ПО «Белгослес».

Таблица 9. Рекомендации по восстановлению и использованию охотничьих животных в заказниках

Вид	Состояние	Перспективы развития	Методы Охраны	Использование ресурсов	Требуемые мероприятия
Заказник «Налибокский»					
Зубр	Рост численности, заселение угодий	Укрупнение популяционной группировки до 120–150 особей	Регулирование численности хищников и бобра (трофического конкурента), отказ от искусственного облесения, ухода за молодняками (рубок). Создание солонцов	Предоставляет перспективы создания новых группировок зубра. Заселение прилегающих к заказнику угодий приведет к повышению эффективности охотничьего хозяйства за счет достижения промысловой численности копытных. Предоставляет перспективы создания новых группировок оленя	Оценка запасов кормов для определения оптимальной численности. Редукция ущербных и вышедших из репродуктивного возраста особей
Лось, благородный олень, косуля	Сокращение популяций вследствие хищничества	Увеличение численности с целью заселения прилегающих к охраняемой территории угодий			
Дикий кабан	Миграции в летний и зимний период	Управление популяциями с целью сокращения численности	Привлечение с целью их редукции в смежных охотхозяйствах	Позволяет повысить рентабельность ведения охотничьего хозяйства прилегающим к заказнику охотпользователям	Сокращение, для уменьшения нагрузки на тетеревиных (наземно гнездящихся птиц)
Центрально европейский подвид глухаря	Снижение численности из-за деградации среды обитания и высокого уровня хищничества	Увеличение численности с целью восстановления популяционной группировки	Сохранение сосняков, порубочных остатков, регулирование хищников и кабана, отказ от искусств. облесения и ухода за молодняками, устройство галечников	Перспективы хозяйственного использования отсутствуют, требуются кардинальные меры по восстановлению (при его успехе возможно получение поголовья для искусственного разведения или расселения в места, где вид исчез)	Оценка качества среды обитания и потенциальных запасов кормов для определения оптимальной численности, выявление токовищ и выводковых стаций
Тетерев, рябчик	Отсутствие роста численности	Увеличение численности	Регулирование численности хищников	Использование тетерева возможно при росте численности и восстановлении популяции	Определение оптимальной численности
Волк, лисица	Высокая численность	Сокращение численности	Не требуются	Экономического значения не имеют	Изъятие выводков и взрослых особей
Рысь	Рост численности	Ограничение численности до восстановления ценных видов	Не требуются	Ущерб от хищничества многократно превышает окупаемость затрат при культивировании вида. Возможен отлов для расселения	Бинарный статус для юридически правомочного регулирования
Заказники «Козьянский» и «Острова Дулебы»					
Лось, косуля	Медленный рост численности	Увеличение численности для заселения прилегающих угодий	Регулирование численности хищников	Ведение охотничьего хозяйства	Определение оптимальной численности, половины и возрастной структуры, хозяйственного прироста популяций
Глухарь, тетерев, рябчик	Отсутствие роста численности			Увеличение доли изъятия	
Дикий кабан	Миграции в летний период	Управление популяциями			
Волк, лисица	Высокая численность	Сокращение численности	Не требуются	Экономического значения не имеют	Изъятие выводков и взрослых особей
Рысь	Высокая численность	Ограничение численности	Не требуются	Ущерб от хищничества многократно превышает окупаемость затрат при культивировании вида	Бинарный статус для юридически правомочного регулирования

Л и т е р а т у р а

1. Данилкин А. А. Олени (Cervidae). М., 1999.
2. Данилкин А. А. Свиные (Suidae). М., 2002.
3. Данилкин А. А. Порогие (Bovidae). М., 2005.
4. Данилкин А. А. Дикие копытные в охотничье хозяйстве. М., 2006.
5. Дунин В. Ф., Тышкевич В. Е. Местам зимней концентрации лосей – статус охраняемой территории // Охраняемые природные территории. Витебск, 1997. С. 73–76.
6. Дунин В. Ф., Воронецкий Н. Н., Тышкевич В. Е. Лось и косуля. Мозырь, 1999.
7. Отчет о НИР «Проведение контрольных аэровизуальных учетов диких копытных животных, оценки их численности и распространения для оптимизации ведения охотничьего хозяйства». Мин., 2005.
8. Тышкевич В. Е. Современное состояние териофауны и перспективы дальнейшего развития заказника «Острова Дулебы» // Европа – наш дом. Мин., 1999. С. 226–227.
9. Тышкевич В. Е. Изменение плотности населения косули в биотопах Налибокской пущи // Биологические ритмы. Брест, 1999. С. 124–127.
10. Тышкевич В. Е. Современное состояние популяций оленевых, зайцеобразных и глухаря в Налибокской пуще // Лесное и охотничье хозяйство (охотоведение). Мин., 2002. № 2. С. 40–45.
11. Тышкевич В. Е. Принципы рационального управления популяциями европейской косули // Лесное и охотничье хозяйство (охотоведение). Мин., 2002. № 4. С. 50–53.
12. Тышкевич В. Е. Зубр в Беларуси – состояние натурализованных популяций // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров, 2002. С. 193–197.
13. Тышкевич В. Е. Наиболее перспективные направления развития охотничьего хозяйства Беларуси в XXI веке // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров, 2002. С. 340–344.
14. Тышкевич В. Е. Концепция управления популяциями диких копытных в Налибокской пуще // Лесное и охотничье хозяйство, (охотоведение). Мин., 2003. № 2. С. 36–37.
15. Тышкевич В. Е. Миграции и сроки смены стаций благородным оленем в регионе Восточная Европа-Беларусь // Лесное и охотничье хозяйство. Мин., 2004, № 2. С. 30–33.
16. Тышкевич В. Е. Лесные охотничьи угодья как среда обитания парнокопытных и зайцеобразных // Лесное и охотничье хозяйство. Мин., 2005. № 1. С. 45–51.
17. Тышкевич В. Е., Востоков Е. К. Рысь в Беларуси (охотоведение) // Лесное и охотничье хозяйство. Мин., 2005. № 4. С. 51–54.
18. Тышкевич В. Е. Перспективы и направления интенсификации охотничьего хозяйства Беларуси на примере управления популяциями диких копытных в 2004–2005 гг. (охотоведение) // Лесное и охотничье хозяйство. Мин., 2006. № 7. С. 28–32.
19. Тышкевич В. Е. Факторы, определяющие состояние популяционных группировок благородного оленя // Лесное и охотничье хозяйство. Мин., 2007. № 7. С. 17–25.

В. Е. Тышкевич

ВАЖНЕЙШИЕ ОХОТНИЧЬИ РЕСУРСЫ ЗАКАЗНИКОВ «КОЗЬЯНСКИЙ», «НАЛИБОКСКИЙ» И «ОСТРОВА ДУЛЕБЫ»: ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ, МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Территории заказников характеризуются высокой численностью ресурсных видов животных, что обусловлено наличием больших по площади участков для воспроизводства. Для оленевых и тетеревиных птиц – это массивы сосновых лесов и березняков. Среднее значение показателя плотности населения оленевых в сосновых лесах в заказниках находится в пределах 0,22–1,55 особ./100 га, в березовых лесах – 0,46–1,1 особ./100 га. Для тетеревиных птиц этот показатель составляет 0,28–0,7 особ./100 га. Выявленные сезонные изменения численности и плотности популяций копытных связаны в первую очередь с кормовыми ресурсами угодий. В летний период основное место в экологии копытных на территории всех заказников занимают открытые поймы, вырубки и поля. С окончанием вегетационного периода у растений наблюдается концентрация копытных в лесных биоценозах, о чем свидетельствуют возрастающие показатели численности и плотности популяций копытных в пригодных для их обитания угодьях. В зимний период основными местами их концентрации являются сосновые и березовые леса с наличием кустарничковой напочвенной растительности, которые служат кормовой базой для многих видов копытных. Использование ресурсов популяций следует проводить по принятому для заказников регламенту – по достижении животными оптимальной населенности угодий.

V. E. Tyshkevich

**THE MOST IMPORTANT HUNTING RESOURCES OF THE PRESERVES
«KOZIANSKI», «NALIBOKSKI», «OSTROVA DULEBY» – STATE VALUE,
METHODS OF RENOVATION AND PERSPECTIVE VIEWS ON EXPLOITATION**

The territory of preserves is characterized by large numbers of resource animal species caused by availability of wide areas for reproduction. These are pine and birch forests for the deer (Cervidae) and black game birds (Lyrurus tetrix). The average density index of the deer in pine forests and in birch forest makes up 0,22–1,55 animal units per 100 hectares and 0,46–1,1 animal units per 100 hectares respectively. For black game birds this index is in the range of 0,28–0,55 individuals per 100 hectares. The seasonal changes of animal numbers and population density of the deer revealed in the course of the research are mainly caused by forage resources of forests. In summer the major part of ecology of the ungulates in all preserves is occupied by floodplains, logged lands and fields. By the end of plant vegetation period the concentration of the ungulates can be observed in forest biocenose which can be indicated by increasing numbers of animals and population density of the ungulates in the areas good for their habitation. In winter the places of their concentration are mainly pine and birch forests typical of shrubby surface vegetation being a food reserve for many ungulates. Population resources should be used according to a regulation established for wildlife preserves namely as soon as optimal population density is achieved.

**А. П. Гаврильчик, А. Э. Томсон, С. Т. Мультан,
Ю. Ю. Навоша, Н. В. Будник, Т. Я. Кашинская**

О ФУНКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИРОДЕ

Показана роль торфогенного слоя в формировании торфяного месторождения и приведены доказательства, что основные природоохранные функции выполняет не залежь торфа в целом, а торфогенный слой. Представленные данные свидетельствуют о возможности экологобезопасной разработки торфяных месторождений и перераспределения существующих ценных фондов с увеличением разрабатываемого.

Для обоснования оптимальных и экологосовместимых направлений использования торфяных месторождений с учетом их роли в природе и обществе [1] рассмотрим, чем и как характеризуются эти природные образования, из каких элементов они состоят, как и какие функции выполняют.

Торфяное месторождение – это захоронение отмерших растений на земной поверхности в условиях переувлажнения, т.е. это природно-территориальный комплекс, включающий всю площадь болота с отложениями торфа.

Торфяные месторождения могут находиться в естественном и осушенном состоянии. В первом случае они состоят из залежи торфа и расположенного над ней торфогенного слоя, на котором развиваются растения-торфообразователи, происходит их отмирание, захоронение и последующее превращение отмерших растений в торф.

При промышленной классификации торфяным месторождением называется геологическое образование, состоящее из напластований одного или нескольких видов торфа, которое по своим размерам и запасам может быть объектом промышленного освоения [2].

Отдельные слои торфяных залежей в зависимости от их расположения по глубине обладают характерными особенностями. Так, верхний (деятельный), срединный и придонный слои существенно отличаются между собой по влажности, газосодержанию, степени разложения, плотности, зольности, кислотности, катионному составу и многим другим свойствам.

Как природно-территориальный комплекс торфяное месторождение оценивается по площади в границах нулевой залежи, а как залежь полезного ископаемого – торфа, характеризуется площадью в границах промышленной залежи и запасами торфа. При природоохранном, сельскохозяйственном и лесохозяйственном освоении используется вся площадь торфяного месторождения в границах нулевой залежи. При организации добычи торфа как полезного ископаемого осваивается торфяная залежь в промышленных границах, а остальная часть месторождения

используется для создания противопожарных полос и прокладки нагорных каналов, т. е. здесь залежь не разрабатывается, а лишь частично нарушается её естественное состояние.

Из каких элементов состоит торфяное месторождение, и какие функции в природе и обществе они выполняют?

Торфяное месторождение состоит из биохимически активного торфогенного слоя и залегающего под ним торфа – довольно стабильной органогенной породы. Торфогенный слой обеспечивает жизнедеятельность влаголюбивых растений – торфообразователей, захоронивает и превращает отмершие растения в торф, регулирует водораспределение, предохраняет образовавшийся торф от существенных превращений.

Верхний слой торфяной залежи пронизан корнями деревьев и кустарников, в результате чего образуется прочный переплетенный каркас. В структурном отношении деятельные слои верховых и низинных типов торфяных залежей значительно отличаются друг от друга. В деятельном слое верховой залежи существенно возрастает по глубине плотность, а объем пор снижается с 70–80 до 20–30 %. Деятельный слой низинных залежей, как правило, имеет более однородную структуру с небольшим изменением по глубине степени разложения и других свойств. Как в низинных, так и в верховых залежах деятельный слой имеет мощность около 0,5 м. Именно в данном слое происходит процесс формирования торфяной залежи в целом.

Специфической особенностью образования и функционирования торфяных месторождений является избыточное увлажнение, которое обуславливает особые условия питания и развития влаголюбивых растений, и соответственно, строение их клеточной структуры с высокой поглотительной и удерживающей способностью. Такое строение растений позволяет им в условиях переувлажнения максимально полно использовать основные элементы жизнедеятельности – влагу, кислород и минеральные вещества, поглощая, накапливая и пролонгировано используя их в случаях изменения водно-минерального питания. Высокая поглотительная способность со-

храняется и в отмерших остатках растений, а также в образовавшемся на их основе торфе. Эти свойства живых растений-торфообразователей, а также отмерших остатков растений и торфа превращают верхний, торфогенный слой месторождения в специфическую биохимически активную почвенную среду, в которой образуются, накапливаются, продукцируют влаголюбивые фитоценозы, активно потребляющие как привносимые минеральные элементы питания, так и образовавшиеся вследствие распада отмерших растений. Таким образом, торфогенный слой выступает в роли активной биохимической лаборатории, в аэробных условиях которой развиваются растения и осуществляются биохимические превращения отмерших остатков в торф. Условия питания, особенности строения растений и их отмерших остатков, а также торфа начальной стадии генезиса, превращают торфогенный слой в биохимический барьер дальнейшим превращениям торфа, способствуя созданию в торфяной залежи анаэробных условий. Высокая поглотительная способность торфогенного слоя в сочетании с естественными ингибирующими веществами отмерших растений и образовавшимися при генезисе ингибиторами (гуминовыми веществами) торфа, предохраняют торф от дальнейших превращений, консервируя его. Биохимические превращения органического вещества отмерших растений в торфогенном слое с гумификацией растительных остатков превращают смесь растительных остатков с водой в принципиально новый материал, обладающий полуколлоидными свойствами – торф. В последнем жидкая фаза с растворенными в ней веществами углеводной и гуминовой природы приобретает свойства электролита с повышенной (по сравнению с водой) вязкостью [5]. Жидкая фаза торфа становится слабо подвижной, и торф в естественных условиях залегания приобретает свойства довольно стабильной системы с низкой фильтрационной способностью. Гумифицированные частицы отмерших растений, перемещаясь с фильтрующимися водами, постепенно забивают водопроводящие поры отмерших растений, кальматируя их и снижая фильтрационную способность торфа. При этом торф превращается в породу с низкой фильтрационной способностью, а при высокой степени разложения он становится практически водоупором. Эти свойства торфа используются строителями при сооружении дамб, где прослойки из торфа закладываются для гидроизоляции [7]. Приведенный анализ фильтрации, а также результаты анализа качества вод водотоков, протекающих через торфяное месторождение, показывают [4], что торфяная залежь естественного залегания не является фильтром сточных вод. Функции фильтра-поглотителя выполняет верхний – торфогенный слой, который удерживает и поглоща-

ет все вещества, привносимые извне и находящиеся в растворенном состоянии и в виде твердых частиц. Таким образом, приведенный выше анализ водно-физических свойств торфа свидетельствует о том, что в естественных условиях залегания функцию фильтра выполняет не торфяная залежь, а лишь ее верхний торфогенный слой. Залежь является наполнителем ландшафта, аккумулятором стоков CO_2 , накопителем влаги, а также источником сведений о прошедших климатических изменениях на территории расположения торфяного месторождения.

Осушение торфяной залежи приводит к ликвидации торфогенного слоя и прекращению генезиса торфа. Как показывают выполненные ранее исследования, в случае восстановления существовавшего до осушки водного режима торфогенный слой выработанной торфяной залежи возобновляется через 5–7 лет [6]. Учитывая, что средняя продолжительность освоения залежи при промышленной добыче торфа фрезерным способом в условиях республики составляет 15–17 лет, болотообразовательный процесс на выбывшей из разработки площади торфяных месторождений может быть восстановлен через 20–25 лет после начала разработки и выработанное месторождение вновь станет выполнять природоохранные функции.

Кроме этого при принятии решения о выборе оптимального направления использования конкретного торфяного месторождения следует также учитывать, что торфяное месторождение формируется ежегодным захоронением остатков отмерших растений-торфообразователей на местах их роста, следовательно, это динамичная, постоянно растущая система. Захоранивая отмершие растительные остатки, торфяное месторождение растет, увеличивается в вертикальном и горизонтальном направлениях. Данные многочисленных исследований показывают, что вертикальный прирост довольно стабильный – 1–3 мм/год, горизонтальный («наступление» на сушу) – существенно отличается и может изменяться от нескольких сантиметров до 1,5 м/год [3]. Интенсивность этого «наступления» зависит не от природы торфа, а от пологости поверхности ландшафта, в котором формируется торфяное месторождение. Торфяные месторождения могут стремительно «наступать» на минеральные почвы, поглощая их. Такие условия характерны для равнинных территорий Полесья, Друть-Березинского междуречья и других пологих равнин. Разработка таких месторождений остановит процесс «наступления», а последующее использование выработанных площадей под повторное заболачивание восстановит болотообразовательный процесс и возродит большинство из временно утраченных функций торфяного месторождения в природе и обществе.

Кроме этого не следует переоценивать роль торфяных месторождений в блокировании «парникового эффекта» за счет очистки воздушной среды от углекислого газа. Необходимо учитывать, что одновременно с поглощением углекислого газа в анаэробных условиях торфяной залежи образуется и выделяется в атмосферу болотный газ – метан (CH_4), парниковая активность которого (по данным К. Я. Кондратьева, 2000 г.) в 58 раз выше, чем углекислого газа, т. е. имеет место взаимная компенсация эффекта утилизации болотами углекислого газа и выбросов метана в атмосферу.

Таким образом, приведенный краткий анализ функций и роли в природе естественных

торфяных месторождений и их отдельных элементов свидетельствует о том, что при условии использования экологосовместимых ресурсосберегающих технологий разработки и последующего использования выработанных площадей антропогенное воздействие не будет заметно сказываться на окружающей среде. Поэтому имеющийся торфяной фонд республики возможно перераспределить по целевым фондам. Основанием для выделения месторождений в разрабатываемый фонд должны быть не только качественные и количественные характеристики торфа, но и условия образования и функционирования месторождений.

Л и т е р а т у р а

1. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Роль болот в биосфере. Мин., 2005.
2. ГОСТ 21123-85 Торф, термины и определения. Мин., 1985.
3. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975.
4. Косов В. И., Панов В. В. Торфяно-болотные системы в экосфере. Тверь, 2001.
5. Лиштван И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Мин., 1975.
6. Смоляк Л. П. Болотные леса и их мелиорация. Мин., 1969.
7. Шупилов Я. М. Физико-механические характеристики торфа, укладываемого в дамбу обвалования // Водное хозяйство Беларуси. Мин., 1975. Вып. 5.

*A. P. Гаврильчик, A. E. Томсон, S. T. Мультан,
Ю. Ю. Навоша, Н. В. Будник, Т. Я. Кашинская*

О ФУНКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИРОДЕ

Проведен анализ функций и роли в природе естественных торфяных месторождений и их отдельных элементов. Даны определения торфяного месторождения как природно-территориального комплекса и как залежи полезного ископаемого. Показано, что основные природоохранные функции выполняет торфогенный слой. Он совместно с живыми и отмершими растениями, а также продуктами их распада является биохимическим барьером, сдерживающим дальнейшее превращение торфа. Торфогенный слой регулирует водные и газовые стоки, микроклимат, захоранивает отмершие растения, превращая их в горную породу – торф, и обеспечивает развитие биологической деятельности болотных растений, являясь их питательной средой.

Приведенные данные позволяют заключить, что при условии использования экологосовместимых ресурсосберегающих технологий разработки и последующего использования выработанных площадей антропогенное воздействие не будет отрицательно сказываться на окружающую среду, что дает основание перераспределить имеющийся торфяной фонд республики с увеличением доли разрабатываемого фонда.

*A. P. Gavrilchik, A. E. Tomson, S. T. Multan,
Yu. Yu. Navosha, N. V. Budnik, T. Ya. Kashinskaya
ON FUNCTIONS OF PEAT DEPOSIT ELEMENTS IN NATURE*

The analysis of functions and role in the nature of original peat deposits and their separate elements has been carried out. Definitions of peat deposit as nature-territorial complex and nature resource deposit have been provided. It was shown that basic nature-protective functions is fulfilled by peat-producing layer. Jointly with live and dead plants as well as their decay products it is a bio-chemical barrier, constraining further peat transformation. Peat-producing layer controls aqueous and gaseous sinks, microclimate, buries dead plants, transforming them into mountain rock – peat, and is found to be a nutritious basis for growing bog vegetation.

The provided data allow to conclude that under the conditions of use of ecology matching resource-saving technologies of the development and further use of cut out areas an anthropogenic impact will not affect the environment that gives a basis to redistribute the available republic's peat fund with the increase of the developed fund share.

Научное издание
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Сборник научных трудов
Выпуск 14

Редактор *И. А. Алябьев*

Компьютерная верстка *Т. Н. Козловская*

Подписано в печать 10.07.2008. Формат 60x90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 29,5. Уч.-изд. л. 24,3.
Тираж 150 экз. Заказ № Заказное.

Издательство ОДО «Тонпик».
ЛИ № 02330/0056930 от 30.04.2004 г.
220034 Минск, пр.Независимости, 34.

Отпечатано в типографии ОДО «Геопринт».
ЛП № 023300148701 от 30.04.2004 г.
220037 Минск, ул. Долгобродская, 16