

**Министерство природных ресурсов и охраны
окружающей среды Республики Беларусь
Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология»**

Экологическая безопасность 1991-2021

**Сборник материалов заочной научно-практической
конференции, посвященной юбилейной дате образования
РУП «Бел НИЦ «Экология»**



Минск, 2021

**Министерство природных ресурсов и охраны
окружающей среды Республики Беларусь**

РУП «Бел НИЦ «Экология»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

1991-2021

Сборник материалов заочной научно-практической
конференции, посвященной юбилейной дате
образования РУП «Бел НИЦ «Экология»

Минск, 2021

УДК 504.75 (043)

Экологическая безопасность 1991 – 2021 : сборник материалов заочной научно-практической конференции, посвященной юбилейной дате образования РУП «Бел НИЦ «Экология» / РУП «Бел НИЦ «Экология»; [сост.: В. М. Конькова]. – Минск, РУП «Бел НИЦ «Экология», 2021. – 159 с.

Редактор: В.М.Конькова

Рецензенты: доктор технических наук Наркевич Иван Петрович, кандидат географических наук Ерьсько Марина Анатольевна.

В сборнике статей представлены материалы участников заочной научно-практической конференции, посвященной актуальным проблемам и методам оценки современного состояния окружающей среды и качества природных ресурсов, актуальным проблемам изменения климата, а также направлениям обращения с отходами производства и потребления.

Сборник адресован ученым и педагогическим работникам, а также студентам, аспирантам и всем заинтересованным в повышении качества образования и развитии науки и технологий лицам.

Адрес

ул. Г. Якубова, 76, 220095, г. Минск, Республика Беларусь

Приемная: (017) 395-57-67

E-mail: belnic@mail.belpak.by

Веб-страница: <https://www.ecoinfo.by/>

©РУП «Бел НИЦ «Экология», 2021



Уважаемые читатели!

Предлагаемый вашему вниманию сборник содержит материалы заочной научно-практической конференции «Экологическая безопасность 1991-2021». Сборник посвящен тридцатилетию образования Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Бел НИЦ «Экология».

Сегодня Республиканскому научно-исследовательскому предприятию «Бел НИЦ «Экология» со дня основания 30 лет. Разрешите поздравить Вас со столь значимой датой в истории нашего предприятия.

За время существования организации сотрудниками РУП «Бел НИЦ «Экология» были достигнуты значительные результаты в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Выполнен ряд перспективных исследований, которые внесли значительный вклад в белорусскую науку, а также реализованы значимые проекты, имеющие практическое значение для страны.

Стремительное развитие научно-технического прогресса несомненно повлияло на состояние окружающей природной среды. Загрязнение воды, почвы и воздуха, сокращение биоразнообразия, деградация земель – лишь небольшая часть существующих глобальных проблем. Поэтому современный мир очень нуждается в таких организациях, как наша, занятых научным обоснованием и сопровождением внедряющихся новых разработок, адаптацией современных экологических норм.

За годы своего существования РУП «Бел НИЦ «Экология» приобретен авторитет как внутри страны, так и за ее пределами. Партнерами и клиентами нашего предприятия являются крупные промышленные предприятия, международные организации, а также представители малого бизнеса. Опыт, наработанный за 30-летнюю историю существования центра, позволяет нам быть вовлеченными в реализацию научно-технической политики и экологической безопасности страны в целом.

Несмотря на все заслуги РУП «Бел НИЦ «Экология», как организации на мой взгляд, главным достижением ее развития является коллектив – те, кто долгое время работали здесь в прошлом, а также работают в настоящее время – научные сотрудники и молодые ученые. Это люди, которые являются генераторами новых идей и воплощают их в реальности, люди, готовые четко идти к намеченным целям и достигать все новых и новых высот. Действуя, как одна команда, мы нацелены на дальнейшее развитие предприятия во всех сферах своей деятельности.

В тридцатилетний юбилей РУП «Бел НИЦ «Экология» хочу пожелать нам всем новых планов и целей, амбициозности и стремления к успеху, новых свершений и достижений в научной и практической деятельности нашей организации на благо нашей страны!

Директор
РУП «Бел НИЦ «Экология»

Р.В. Михалевич

СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Иванова Р. Р.	Мониторинг промышленной зоны по состоянию древесных растений	7
Гусев А. П. Соколов А. С.	Сравнительная оценка инвазibility основных типов леса на юго-востоке Беларуси	10
Оношко М. П. Смыкович Л. И. Подружая М. А.	Потенциальная способность почв Беларуси к самоочищению от нефти и нефтепродуктов	14
Потапенко А. М. Толкачева Н. В. Машков И. А. Буцьковец В. В. Серенкова В. А.	Санитарное состояние березовых древостоев в 30-километровой зоне ЧАЭС	19
Маслов Г. И. Лён Е. С.	Характеристика водоснабжения ОАО «Минский молочный завод № 1» и особенности системы водоотведения при переходе на полную переработку молочной сыворотки	23
Назарян Д. А.	Мониторинг режима использования водоохранной зоны р. Малая Кокшага по данным дистанционного зондирования земли	28
Ключенович В. И.	Социально-гигиенический мониторинг и его роль в реализации целей устойчивого развития	32
Глинская А. Н. Гертман Л. Н.	Рекреационный потенциал старичных озер Беларуси	36
Подоляк А. Г. Карпенко А. Ф.	Радиологическая безопасность в земледелии	40
Романова М. Л. Понтус А. Р. Зенькович С. В. Максимов М. М.	Исследование зеленых насаждений Минска с использованием аэрокосмических методов	43
Окоронко И. В.	Методика оценки антропогенной преобразованности малых рек белорусского полесья с применением гис-технологий (на примере реки Пина)	46
Зорин В. П. Сарнацкий В. В. Демид Н. П. Балакир М. В. Севрук П. В.	Модельные леса в Республике Беларусь как анализ устойчивого управления ландшафтами	50
Асадчая М. А. Квач Е. Г.	Система гидрологического мониторинга на территории Республики Беларусь	54

Левкевич В. Е. Лосицкий В. А. Саидов Ф. Н. Мильман В. А. Решетник С. В.	Использование средств дистанционной диагностики для мониторинга состояния водохозяйственных объектов и сооружений систем водоснабжения и водоотведения	58
Полюхович А. Н.	Возможности применения спектральных индексов для оценки состояния болотных массивов	62
Чезганова Е. К. Ефимова Т. Н.	Анализ техногенной нагрузки ТЭЦ-1 г. Йошкар-Олы с применением оценочных критериев экологического риска	65
Ивашечкин А. А.	Анализ данных мониторинга загрязнения участка Чебоксарского водохранилища в пределах Республики Марий Эл	68
Чижова Е. А. Латыпов Р. С. Шевченко С. В.	Термоэлектрические композиты для утилизации высокопотенциального тепла при помощи высокотемпературных термоэлектрогенераторов	72
Мукина К. М. Смашный Н. С.	Принципы устойчивого развития при разработке «зеленых» университетов	76
Андреева В. Л.	Мониторинг природных ресурсов на основе знаний о структуре почвенного покрова	81

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Клевец Н. Н.	Разработка рекомендаций по адаптации к изменению климата для транспортной отрасли экономики (Витебская, Могилевская и Гомельская области)	84
Родькин О. И.	Анализ Парижского соглашения с точки зрения потребностей и проблем в области изменения климата и условий их выполнения в Республике Беларусь	89
Брилевский М. Н.	Динамика количества осадков на территории Беларуси и режима их выпадения в связи с изменением климата	94
Круковская О. Ю.	К вопросу о вкладе автомобильного транспорта в загрязнение воздуха городов Беларуси оксидами азота	99
Королева Д. С. Данилович И. С. Квач Е. Г.	Гидрологический режим бассейна реки западная двина в условиях изменения климата	103
Мешик О. П. Борушко М. В. Морозова В. А.	Правовое регулирование получения солнечной энергии и опыт реализации гелиоэнергетических проектов в Республике Беларусь	108
Кравчук Л. А. Баженова Н. М. Яновский А. А.	Климаторегулирующие особенности градостроительных структур (на примере г. Минска и Витебска)	112
Уськов Н. О.	Экологические аспекты ракетного двигателестроения	116

Конькова В.М.	Влияние лесных пожаров на баланс выбросов парниковых газов в Республике Беларусь	119
Самсоненко И. П.	Перспективы применения земельной информационной системы Республики Беларусь в целях получения информации для базы данных инвентаризации парниковых газов	124
Мелех Д. В. Наркевич И. П.	Оценка выбросов парниковых газов предприятиями экспортерами в условиях введения углеродного налога на импорт Европейским Союзом	127

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Лесик В. Н. Мисюченко В. М.	Анализ международных подходов к снижению образования деревянных емкостей, загрязнённых неорганическими химикатами	131
Никитич А. Д. Улащик Е. А.	Направления переработки отходов кондитерских производств в Республике Беларусь	135
Гиринский В. В. Ковалев Я. Н. Меженцев А. А. Яглов В. Н.	Разработка технологии безобжиговых гипсовых композитов строительного назначения на основе фосфогипса Гомельского химического завода	139
Семашко М. Ю. Чухольский А. И. Романова К. Р.	Исследование особенностей методов переработки полимерных отходов	142
Семашко М. Ю. Чухольский А. И.	Воздействие микропластика на окружающую среду	147
Труш Я.В. Ботян Е. А.	Анализ данных изучения морфологического состава коммунальных отходов в Республике Беларусь	149
Дударенко М. П. Ботян Е. А.	Трансграничная перевозка опасных отходов в рамках Базельской конвенции	154

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 502.1:581.5

МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ ПО СОСТОЯНИЮ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

MONITORING OF THE INDUSTRIAL ZONE ACCORDING TO THE CONDITION OF WOODY PLANTS

Р. Р. Иванова

R. R. Ivanova

*Поволжский государственный технологический университет
г. Йошкар-Ола, Россия
ivanova.rufina@yandex.ru*

*Volga Region State Technological University
Yoshkar-Ola, Russia*

В статье приведены результаты мониторинга экологического состояния промышленной зоны города по морфометрическим показателям таких древесных растений как береза повислая (*Bétula péndula L.*) и тополь бальзамический (*Populus balsamifera L.*), произрастающих на данной территории. Обсуждаются вопросы возможности использования древесных растений для мониторинга окружающей среды.

The article presents the results of monitoring the ecological state of the industrial zone of the city by morphometric indicators of such woody plants as the hanging birch (*Bétula péndula L.*) and the balsam poplar (*Populus balsamifera L.*) growing in this territory. The possibility of using woody plants for environmental monitoring is discussed.

Ключевые слова: город, антропогенное воздействие, морфометрические показатели растений, биоиндикаторы.

Keywords: city, anthropogenic impact, morphometric indicators of plants, bioindicators.

В исследованиях по экологическому мониторингу состояния окружающей среды в качестве биоиндикаторов широко используются растения, они считаются надежными индикаторами загрязнения среды токсическими веществами, так как, по мнению Т. К. Горышиной, «вынуждены адаптироваться к стрессовому воздействию среды с помощью физиолого-биохимических и анатомо-морфологических перестроек организма» [1]. Фиксация и оценка этих изменений дают достоверную картину условий места произрастания растений и отражают состояние окружающей среды [2 – 4]. В городской среде формируются специфические условия жизни не только для человека, но и для древесных, кустарниковых и травянистых растений. Городские растения испытывают множество негативных воздействий, связанных с изменением природных и преобладанием антропогенных факторов. Основные экологические факторы в городской среде существенно отличаются от тех, которые влияют на растения в природной обстановке. Многие исследователи отмечают, что загазованность городского воздуха способствует проникновению вредных веществ внутрь растения, нарушает обмен веществ, препятствует газообмену и фотосинтезу; засоление и уплотнение почвы изменяет ее водно-солевые характеристики и водный режим и ведет к физиологическим нарушениям вплоть до гибели растений; неправильные и стихийные посадки деревьев приводят к утрате естественной формы кроны и формированию горизонтально-сомкнутых крон; посадки теряют свою защитную функцию и другие нарушения.

В городской среде для озеленения как жилой, так и промышленной зон, широкое применение нашли такие древесные растения как липа сердцелистная, береза повислая, тополь бальзамический, клен американский, ель колючая и др. Они выполняют как эстетические, так и санитарно-гигиенические функции, способствуют улучшению качества городской среды.

Целью исследования было изучение экологического состояния промышленной зоны города с использованием в качестве биоиндикаторов таких древесных растений, как береза повислая (*Bétula péndula L.*) и тополь бальзамический (*Populus balsamifera L.*), произрастающих на данной территории.

При визуальном обследовании территории было установлено, что наиболее доступными для закладки локальных опытных площадок являются посадки в южном и юго-западном направлении от промышленной зоны, что также соответствовало и розе ветров. Контролем служила «условно чистая» лесная зона. В посадках были проложены две трансекты, на которых заложено по три опытных площадки на расстоянии 25, 50 и 100 м от границы СЗЗ предприятия.

Отбор проб растительного материала проводился в августе – сентябре. Состояние древесных растений оценивалось по морфометрическим показателям листьев: длине и ширине листа (см), площади листовой пластинки (см²), сухой массе листа (г), удельной поверхностной плотности листа (УППЛ, г/см²) [5]. Результаты исследований обработаны по программе «STATISTIKA 6».

Результаты исследования морфометрических показателей листового аппарата древесных растений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Морфометрические показатели листового аппарата березы повислой и тополя бальзамического, произрастающих в промышленной зоне

Расстояние от границы СЗЗ, м	Длина листа (M±m, см)	Ширина листа (M±m, см)	Площадь листа (M±m, см ²)	Сухая масса листа (M±m, г)	УППЛ (M±m, г/см ²)
Береза повислая					
25	4,59±0,21	3,79±0,20	12,11±0,54	0,097±0,017	0,0081
50	4,80±0,23	3,81±0,23	11,95±0,12	0,081±0,011	0,0068
100	4,00±0,18	2,73±0,18	9,80±0,83	0,062±0,008 ^Δ	0,0063
Контроль	5,11±0,11	4,04±0,19	13,21±0,29	0,127±0,013	0,0096
Тополь бальзамический					
25	6,80±0,60	4,50±0,34	21,80±3,31	0,165±0,025	0,0076
50	5,50±0,46	3,80±0,43	16,43±2,59	0,098±0,015	0,0059
100	7,37±0,53	3,50±0,44	18,05±3,03	0,093±0,012	0,0051
Контроль	8,21±0,35	5,15±0,38	27,90±3,21	0,251±0,029	0,0090

Исследования показали (таблица 1), что у березы повислой, произрастающей на расстоянии 25 м от границы СЗЗ предприятия, длина листа составила (4,59 ± 0,21) см, ширина – (3,79 ± 0,20) см, площадь – (12,11 ± 0,54) см², сухая масса – (0,097 ± 0,017) г, УППЛ – 0,008 г/см². У березы, произрастающей на расстоянии 50 м, длина листа составила (4,80 ± 0,23) см, ширина – (3,81 ± 0,23) см, площадь – (11,95 ± 0,12) см², сухая масса – (0,081 ± 0,011) г, УППЛ – 0,0068 г/см². У березы, произрастающей на расстоянии 100 м, длина листа составила (4,00 ± 0,18) см, ширина – (2,73 ± 0,18) см, площадь – (9,80 ± 0,83) см², сухая масса – (0,062 ± 0,0075) г, УППЛ – 0,0063 г/см². По сравнению с морфометрическими показателями березы, произрастающей в «условно чистой» зоне (длина листа (5,11 ± 0,11) см, ширина – (4,04 ± 0,19) см, площадь – (13,21 ± 0,29) см², сухая масса – (0,127 ± 0,013) г, УППЛ – 0,0096 г/см²), во всех опытных пробах отмечено существенное снижение длины, ширины, массы, площади листа и УППЛ (различия между показателями статистически значимы при p≤0,05). Сравнительный анализ показал, что по мере удаления от границы СЗЗ предприятия отмечается тенденция к уменьшению длины листа на 28 %, ширины листа – на 12 %, площади листа на 19 %, сухой массы листа на 16 % – 36 % и УППЛ – 16 % – 22 %, то есть выявляется четкая тенденция к снижению величин морфометрических показателей листьев березы повислой в промышленной зоне.

У тополя бальзамического (таблица 1), произрастающего на расстоянии 25 м от границы СЗЗ предприятия, длина листа составила (6,80 ± 0,60) см, ширина – (4,50 ± 0,34) см, площадь – (21,80 ± 3,31) см², сухая масса – (0,165 ± 0,025) г, УППЛ – 0,0076 г/см². У тополя, произрастающего на расстоянии 50 м, длина листа составила (5,50 ± 0,46) см, ширина – (3,80 ± 0,43) см, площадь – (16,43 ± 2,59) см², сухая масса – (0,098 ± 0,015) г, УППЛ – 0,0059 г/см². У тополя, произрастающего на расстоянии 100 м, длина листа составила (7,37 ± 0,53) см, ширина – (3,50 ± 0,44) см, площадь – (18,05 ± 3,03) см², сухая масса – (0,093 ± 0,012) г, УППЛ 0,0051 г/см². По сравнению с морфометрическими показателями листьев тополя, произрастающего в «условно чистой» зоне (длина листа (8,21 ± 0,35) см, ширина – (5,15 ± 0,38) см, площадь – (27,90 ± 3,21) см², сухая масса – (0,251 ± 0,029) г, УППЛ – 0,0090 г/см²), во всех опытных пробах отмечено существенное снижение длины, ширины, массы, площади листа и УППЛ (различия между показателями статистически значимы при p≤0,05). Сравнительный анализ показал, по мере удаления от границы СЗЗ предприятия отмечается тенденция к

уменьшению длины листа на 16 % – 22 %, площади листа на 14 % – 25 %, сухой массы листа на 41 % – 44 % и УППЛ – 22 % – 33%, то есть выявляется четкая тенденция к снижению величин морфометрических показателей листового аппарата тополя бальзамического.

Проведенными исследованиями установлено, что морфометрические показатели листового аппарата березы повислой и тополя бальзамического, произрастающих на территории промышленной зоны в районе расположения промышленных предприятий, существенно отличаются от таковых у деревьев, произрастающих в «условно чистой» зоне. Выявлена четкая тенденция к уменьшению длины, ширины, площади, массы и УППЛ листьев у обоих видов исследованных древесных растений на разном удалении от границы СЗЗ предприятия, наиболее выраженная на расстоянии 100 м.

Полученные результаты согласуются с данными других исследователей для разных промышленных городов России. Отмечается, что у древесных растений в условиях антропогенного воздействия наблюдается снижение фотосинтетической способности ассимиляционного аппарата, что вызывает ухудшение их морфометрических характеристик. У лиственных пород происходит снижение числа листьев, их площади и массы [3 – 5].

Таким образом, выявленное изменение состояния листового аппарата у обоих видов исследованных древесных растений – березы повислой и тополя бальзамического, проявившееся в снижении морфометрических показателей листьев, может свидетельствовать о неблагоприятном состоянии окружающей среды в промышленной зоне, исследованные растения могут использоваться в качестве биоиндикаторов при организации экологического мониторинга окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горышина, Т. К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 347 с.
2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
3. Ибрагимова, Э. Э. Фитоиндикация как перспективный метод в экологических исследованиях // Человек – Природа – Общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. – Симферополь, 2008. – Вып. 1. – С. 46–49.
4. Кутузова, О. Г. Морфометрические показатели древесных растений и содержание хлорофилла в урбоэкосистемах (на примере г. Читы) / О. Г. Кутузова, Е. Б. Якушевская // Труды второй междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика и образование». – М.: ООО «Буки-Веди», 2013. – 480 с.
5. Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений– М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.

УДК 581.524.2

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНВАЗИБЕЛЬНОСТИ
ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЛЕСА НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ****COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE MAIN FOREST TYPES
INVASIBILITY IN THE SOUTH EAST OF BELARUS****А. П. Гусев, А. С. Соколов****A. P. Gusev, A. S. Sokolov**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины
г. Гомель, Республика Беларусь
gusev@gsu.by*

*F. Skorina Gomel State University
Gomel, Republic of Belarus*

Инвазибельность, то есть восприимчивость к внедрению чужеродных видов, лесных экосистем может оцениваться по показателям адвентизации флоры и растительности, встречаемости и покрытию инвазивных видов. Для оценки адвентизации в условиях юго-востока Беларуси были использованы такие показатели, как доля чужеродных видов от общего числа видов на пробной площадке, доля чужеродных видов в общем проективном покрытии, доля чужеродных видов в подросте. На основе определения данных показателей в различных типах леса последние были разделены на сильноинвазибельные – леса с древостоем из *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia*, среднеинвазибельные – сосняки и березняки орляковые, сосняки, березняки и дубравы кисличные, черноольшанники крапивные, сосняки вейниковые; малоинвазибельные – сосняки мшистые, черничные, березняки черничные, дубравы орляковые, березняки и дубравы снытевые.

Invasibility (susceptibility to the alien species introduction) of forest ecosystems can be assessed by indicators of flora and vegetation adventitization, occurrence and coverage of invasive species. To assess adventitization in the southeast of Belarus, we used such indicators as proportion of alien species in the total number of species on the test site, proportion of alien species in the total projective cover, and proportion of alien species in the undergrowth. Based on the determination of these indicators in different forests types, they were divided into highly invasible – forests with *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia* tree stand, medium invasible – bracken pine and birches forests, wood-sorrel pine forests, birch and oak forests, nettle black alder forests, bushgrass pine forests; minimally invasible – mossy and bilberry pine forests, bilberry birch forests, bracken oak forests, bishop's weed birch and oak forests.

Ключевые слова: инвазии, адвентизация, *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, типы леса, чужеродные виды, Белорусское Полесье, сосняки, дубравы, черноольшанники, березняки, нарушенные леса.

Keywords: invasions, adventitization, *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, forest types, alien species, Belarusian Polesie, pine forests, oak forests, black alder forests, birch forests, disturbed forests.

Под инвазибельностью экосистем (фитоценозов, местообитаний) понимают восприимчивость их к внедрению чужеродных видов [1]. Инвазибельность выступает одним из аспектов устойчивости экосистем к внешним воздействиям. Факторами, которые влияют на инвазибельности экосистем к вторжению чужеродных растений, являются: продолжительность истории и характер антропогенных нарушений, особенности структуры нативных сообществ (видовое разнообразие, межвидовые взаимодействия, фрагментация и т.д.), режим нарушений (периодические пожары, затопления, рекреация, вырубка), характеристики экотопа (влажность, содержание питательных веществ, освещенность, засоленность, каменистость и прочее). Так, многочисленными исследованиями показано, что инвазибельность возрастает при сочетании нарушений и высокой обеспеченности ресурсами – питательными вещества, водой, светом [1].

Исследования также показывают, что факторы, влияющие на инвазивность, скорее всего, делают это иерархически, при этом различные факторы действуют более сильно в разных пространственных масштабах. Климат можно считать доминирующим фактором в континентальном масштабе (тысячи и десятки тысяч км²), в то время как на региональном и ландшафтном уровнях (от первых км² до первых тысяч км²) рельеф и землепользование становятся все более важными. На локальном уровне (менее 1 км²) значительную роль играют характеристики почвы, нарушение, биотические взаимодействия, ресурсы и микроклимат [2]. При этом, следует учитывать инвазивность экосистем для разных видов-инвайдеров может колебаться в очень широких пределах.

Для оценки инвазивности экосистем часто используются показатели адвентизации флоры и растительности, встречаемость и покрытие инвазивных видов (как всех, так чужеродных видов-трансформеров, наносящих наибольший ущерб). Основное недостаток этих критериев – ретроспективный характер (т.е. они оценивают уже произошедшее вторжение). Важнейшей задачей исследований механизмов устойчивости или неустойчивости сообществ к проникновению чужеродных видов, по мнению В.В. Акатова, Т.В. Акатовой [3], является выявление характеристик, которые можно было бы использовать в качестве индикаторов инвазивности. Предполагается, что они позволят определять сообщества пока свободные от чужеродных видов, но потенциально уязвимые к их инвазиям, а значит правильно прогнозировать возможный масштаб и последствия данного процесса в будущем, концентрировать усилия на сохранении наиболее уязвимых в этом отношении сообществ.

В условиях юго-востока Белоруссии для оценки адвентизации было предложено использовать следующие показатели [4]:

АД1 – доля чужеродных видов от общего числа видов на пробной площадке, %;

АД2 – доля чужеродных видов в общем проективном покрытии, %;

АД3 – доля чужеродных видов в подросте, %.

Оценка инвазивности лесных экосистем может проводиться на двух уровнях: на уровне биогеоценоза и на уровне лесного покрова в целом. В настоящей работе оценка инвазивности выполняется на уровне биогеоценозов (т.е. экосистем в границах фитоценоза).

Район исследования располагался в основном в пределах ландшафтной провинции Белорусское Полесье (Днепровско-Сожский и Тереховский ландшафтные районы). Более 90 % территории находится на высоте 120 – 140 метров над уровнем моря. Большая её часть представляет собой аллювиальные террасы и водно-ледниковые равнины с плосковолистым, местами волнистым рельефом, а также поймы рек Сож и Ипуть. Климат умеренно-континентальный. Средняя температура в январе – 6,9 °С, в июле 18,6 °С. За год выпадает 590 мм осадков. Vegetационный период 193 суток.

В силу природно-климатических и почвенно-грунтовых условий Белорусского Полесья наиболее распространенной древесной породой региона является сосна обыкновенная. Сосняки занимают 54 % лесов; их типологическая структура характеризуется преобладанием мшистых (48 %), черничных (19,3 %), вересковых (12,4 %) и орляковых типов леса. Заметную площадь (22 %) занимают мелколиственные коренные формации 22 %, встречаются широколиственно-сосновые леса, вторично-производные березняки и осинники, дубравы, а на заболоченных территориях – черноольшанники.

Метод исследований – геоботаническая съемка, осуществляемая по стандартным методикам. Геоботаническая съемка выполнялась в лесных фитоценозах на пробных площадках 20x20 м. Всего проанализировано 427 описаний.

В изученных лесах зарегистрировано 16 инвазивных видов, из которых наиболее часто встречались *Acer negundo* L. (22,5 % от всех пробных площадок), *Robinia pseudoacacia* L. (12,6 %), *Impatiens parviflora* DC. (10,1 %), *Conyza canadensis* (L.) Cronqist (8,2 %), *Solidago canadensis* L. (7,3 %).

В сосняках мшистых отмечено 8 инвазивных видов, из которых наиболее часто встречаются *Acer negundo* L. (11,9 % от всех пробных площадок в данном типе леса) и *Conyza canadensis* (L.) Cronqist (7,6 %). В сосняках черничных отмечен единично только *Acer negundo* L. (3,3 %). В сосняках орляковых обнаруживается 11 инвазивных видов (*Acer negundo* L. – 28,6 %, *Impatiens parviflora* DC. – 20,8 %, *Robinia pseudoacacia* L. – 7,8 %, *Solidago canadensis* L. – 7,8 % и другие). В березняках орляковых – 7 инвазивных видов (наиболее часто – *Lupinus polyphyllus* Lindl. и *Solidago canadensis* L.). В дубравах орляковых – только 2 вида, которые встречены единично. В сосняках кисличных отмечено присутствие 7 инвазивных видов (наиболее часто встречаются *Impatiens parviflora* DC. – 32,4 %, *Robinia pseudoacacia* L. – 24,3 %, *Acer negundo* L. – 21,6 %). В березняках и дубравах кисличных отмечено по 5 инвазивных видов. Чаще всего березняках кисличных встречается *Acer negundo* L. (25,0 %), а в дубравах кисличных – *Impatiens parviflora* DC. (21,7 %). В черноольшанниках крапивных обнаруживается 4 инвазивных вида (наиболее часто *Acer negundo* L. – 28,6 %). В таких типах леса, как березняк черничный, березняк снытевый, дубрава снытевая чужеродных видов не было обнаружено (возможно вследствие небольшого числа пробных площадок в этих типах леса).

Сильнонарушенные леса были представлены антропогенными модификациями – сосняк вейниковый (пирогенная модификация сосняков мшистых, орляковых и кисличных) и насаждениями из чужеродных деревьев *Acer negundo*+*Robinia pseudoacacia* (фитоценозы, относящиеся к классу Robinietae Jurko ex Hadač et Sofron 1980 по эколого-флористической классификации Браун-Бланке [5]).

В сосняках вейниковых было отмечено присутствие 6 инвазивных видов (наиболее часто *Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Acer negundo* L., *Solidago canadensis* L.). Распространение здесь *Conyza canadensis* (L.) Cronqist обусловлено нарушениями подстилки и почв противопожарными рвами, к которым в подавляющем большинстве случаев приурочены популяции это вида. С другой стороны, пожары не благоприятствуют вторжению чужеродных видов, так как воздействуют на них негативно.

В фитоценозах *Acer negundo*+*Robinia pseudoacacia* представлено максимальное разнообразие чужеродных инвайдеров (16 видов). Наибольшую встречаемость здесь имели *Acer negundo* L. (88,6 %), *Robinia pseudoacacia* L. (62,9 %), *Solidago canadensis* L. (28,6 %), *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. (25,7 %), *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. (22,9 %), *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort. (22,9 %), *Conyza canadensis* (L.) Cronqist (22,9 %), *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. (20,0 %). Такие фитоценозы могут быть представлены как искусственными лесопосадками, так самопроизвольно возникшими зарослями в рудеральных местообитаниях. Они приурочены преимущественно к урбанизированному ландшафту, а их площадь относительно природных типов леса не велика. В тоже время, эти насаждения являются своеобразными рефугиумами (убежищами) для многих древесных, кустарниковых и травянистых чужеродных видов, откуда могут начинаться инвазии в нарушенные природные леса.

Таким образом, наибольшее число инвазивных видов отмечено в антропогенных насаждениях *Acer negundo*+*Robinia pseudoacacia*. Среди природных типов леса наибольшее число растений-инвайдеров обнаружено в сосняках орляковых, сосняках мшистых, березняках орляковых и сосняках кисличных.

Таблица 1

Оценка инвазивности типов леса юго-востока Беларуси

Тип леса	Показатель адвентизации, %		
	АД1	АД2	АД3
Сосняк мшистый (n=92)	2,6	0,9	7,7
Сосняк черничный (n=30)	0,2	0,0	0,7
Березняк черничный (n=6)	0	0	0
Сосняк орляковый (n=77)	6,0	8,9	17,1
Березняк орляковый (n=16)	5,1	10,2	3,9
Дубрава орляковая (n=21)	0,5	0,2	0
Сосняк кисличный (n=37)	9,2	15,2	31,0
Березняк кисличный (n=8)	7,8	1,4	22,4
Дубрава кисличная (n=23)	7,0	10,7	7,3
Березняк снытевый (n=4)	0	0	0
Дубрава снытевая (n=12)	0	0	0
Черноольшанник крапивный (n=21)	3,2	0,1	15,8
Сосняк вейниковый (n=28)	6,9	3,1	24,4
Леса с доминирование в древесном ярусе <i>Acer negundo</i> и <i>Robinia pseudoacacia</i> (n=35)	40,6	23,1	85,9

Рассмотрим результаты оценки степени адвентизации типов леса (таблица 1). Видно, что в природных типах леса доля чужеродных видов от общего числа видов (АД1) составляет от 0 до 9,2 %. Наибольшая степень адвентизации по этому критерию характерна для сосняков кисличных (9,2 %), березняков кисличных (7,8 %), дубрав кисличных (7,0 %). Нулевая адвентизация отмечена в березняках черничных, березняках снытевых и дубравах снытевых. По критерию АД2 (т.е. доля чужеродных видов в проективном покрытии) выделяются сосняки кисличные (15,2 %), дубравы кисличные (10,7 %), березняки орляковые (10,2 %), сосняки орляковые (8,9 %). В этих типах леса чужеродные травянистые виды могут становиться доминантами и субдоминантами в травяном ярусе. В таких типах леса, как сосняки мшистые, сосняки черничные, дубравы орляковые, черноольшанники крапивные вклад чужеродных травянистых видов в общее проективное покрытие крайне незначителен.

По критерию АД3 (доля чужеродных древесных видов в подросте) также выделяются сосняки кисличные (31,0 %), березняки кисличные (22,4 %), сосняки орляковые (17,1 %) и черноольшанники крапивные (15,8 %). В перечисленных типах леса возникает угроза естественному возобновлению нативных деревьев, поскольку значительная часть подросте представлена чужеродными деревьями.

В антропогенных модификациях лесов уровень адвентизации резко различается. Так, сосняки вейниковые имеют уровень адвентизации по критерию АД1 близкий к соснякам кисличным и орляковым, а по критерию АД2 – даже более низкий. Синантропные фитоценозы *Acer negundo*+*Robinia pseudoacacia* имеют наивысшие показатели адвентизации среди всех изученных лесов. Чужеродные виды составляют здесь в среднем 40,6 % от общего числа видов высших растений. Доминируют не только в древесном ярусе и подросте, но и часто в травяном ярусе.

В таблице 2 приводится оценка инвазивности лесных формаций. Если по АД1 для всех формаций характерны значения ниже 5 % (различия могут быть обусловлены разным количеством описаний), то дифференциация по АД3 значительна. В сосновых и мелколиственных (березовых и осиновых) лесах доля чужеродных деревьев в подросте в среднем составляет 15,5 – 16,7 % от его общей численности. В широколиственных лесах доля чужеродного подраста незначительна. Черноольховые леса отличаются наиболее низким значением АД2 – чужеродные травянистые виды в них проникают весьма слабо. Для насаждений интродуцентов характерен максимальный уровень адвентизации.

Таблица 2

Оценка инвазивности лесных формаций юго-востока Беларуси

Лесная формация	Показатель адвентизации, %		
	АД1	АД2	АД3
Сосновые леса	4,8	5,5	15,6
Березовые и осиновые леса	4,8	4,0	16,7
Широколиственные леса (дуб, граб, клен)	2,0	6,6	0,6
Черноольховые леса	3,2	0,1	9,1
Насаждения чужеродных деревьев (<i>Acer negundo</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Fraxinus pennsylvanica</i>)	39,9	22,4	85,5
Все леса	7,8	7,3	19,9

Таким образом, на основе вышеизложенного можно разделить все рассмотренные природные типы леса и антропогенные модификации на следующие группы по степени инвазивности (восприимчивости к вторжению чужеродных видов растений):

Сильноинвазивные – фитоценозы *Acer negundo*+*Robinia pseudoacacia* (вторжение и распространение здесь как имеющихся, так и новых чужеродных видов весьма вероятно; представляют собой своего рода плацдарм для дальнейших инвазий);

Среднеинвазивные – сосняки и березняки орляковые, сосняки, березняки и дубравы кисличные, черноольшанники крапивные, сосняки вейниковые (вторжение и приживание чужеродных видов здесь вероятно, особенно чужеродных деревьев);

Малоинвазивные – сосняки мшистые, черничные, березняки черничные, дубравы орляковые, березняки и дубравы снытевые (вторжение и приживание здесь чужеродных видов маловероятно).

Наибольшую опасность с точки зрения препятствования естественному возобновлению нативных деревьев (особенно позднесукцессионных) и нарушения хода восстановительных сукцессий представляет вторжение в лесные экосистемы юго-востока Беларуси чужеродных деревьев – *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia*. Влияние травянистых инвайдеров даже в нарушенных лесах невелико (за исключением сильно разреженных городских и пригородных лесов, где с 2010-х гг. отмечается агрессивное распространение *Solidago canadensis*).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта №Б20Р-090.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alpert, P. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants / P. Alpert, E. Bone, C. Holzappel // Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics. – 2000. – Vol. 3. – P. 52–66.
2. Milbau A. A hierarchical framework for integrating invisibility experiments incorporating different factors and spatial scales / A. Milbau, J. C. Stout, B.J. Graae, I. Nijs // Biological Invasions. – 2009. – Vol. 11. – P. 941–950.
3. Акатов, В. В. Видовой пул, видовое богатство, эффект компенсации плотностью и инвазивность растительных сообществ / В.В. Акатов, Т.В. Акатова // Российский журнал биологических инвазий. – № 3. – 2012. – С. 2–19.
4. Гусев, А. П. Растительные инвазии и индикация экологического состояния ландшафта / А.П. Гусев // Вестник Тюменского государственного университета. – 2012. – № 12. – С. 181-188.
5. Mucina, L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / Mucina, L. [et al.] // Applied Vegetation Science. – Vol. 19 (Supplement 1). – November 2016. – P. 3–264.

УДК 550.4:550.424:631.4 (476)

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ БЕЛАРУСИ К САМООЧИЩЕНИЮ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

POTENTIAL ABILITY OF BELARUSIAN SOILS FOR SELF-PURIFICATION FROM OIL AND OIL PRODUCTS

М. П. Оношко¹, Л. И. Смыкович², М. А. Подружая¹

M. P. Onoshko, L. I. Smykovich, M. A. Podryzhaya

¹Филиал «Институт геологии» Республиканского унитарного предприятия
«Научно-производственный центр по геологии»
г. Минск, Республика Беларусь
onoshko_m44@mail.ru

²Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь
geosmykovic@gmail.com

¹«Geological Institute» filial of the Republican Unitary Enterprise
«Research and Production Center for Geology», Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Приведены результаты территориальной оценки потенциальной способности почв Беларуси к самоочищению от нефти и нефтепродуктов с учетом основных природных факторов, влияющих на физико-химическое, биологическое разложение и механическое рассеяние загрязняющих веществ. Оценена потенциальная способность почв Беларуси к аккумуляции углеводородов и их рассеянию поверхностным стоком; степень благоприятности почвенных условий для радиальной миграции нефтепродуктов и их выноса за пределы почвенного профиля; суммирующая способность почв Беларуси к механическому рассеиванию углеводородов. Показано, что для почв Беларуси основным фактором в процессе самоочищения от загрязнения нефтепродуктами является их биологическая деградация. Низкой потенциальной способностью к самоочищению обладают почвы в пределах центральной части Полесья и на севере Поозерья, а также почвы в западной части страны.

The results of the territorial assessment of the potential capacity of Belarusian soils to self-purification from oil and oil products are presented, taking into account the main natural factors that affect the physicochemical and biological destruction and mechanical dispersion of pollutants. The potential capacity of Belarusian soils for hydrocarbon accumulation and their surface runoff dissipation; the degree of favorableness of soil conditions for the radial migration of oil products and their removal outside the soil section; as well as the summing ability of Belarusian soils to mechanical hydrocarbon dispersion have been estimated. It is shown that the main factor in the process of self-purification from oil pollution for Belarusian soils is their biological degradation. Soils in the central part of Polesie and in the north of Poozerie, as well as soils in the western part of the country, have a low potential for self-purification.

Ключевые слова: самоочищение почв, нефтепродукты, аккумуляция углеводородов, механическое рассеивание углеводородов

Keywords: self-purification of soil, oil products, accumulation of hydrocarbons, mechanical dispersion of hydrocarbons

Нефтяное загрязнение отличается от многих других антропогенных воздействий тем, что оно дает не постепенную, а, как правило, «залповую» нагрузку на окружающую среду, в первую очередь на почву, вызывая быструю ответную реакцию. Воздействие нефтепродуктов преобразуют почвенный профиль,

сопровождается трансформацией морфологических и химических свойств почв. Степень этих изменений зависит от продолжительности загрязнения, состава и концентрации компонентов нефтепродуктов.

Свойства почв (щелочно-кислотные, сорбционные, окислительно-восстановительные и т.д.) определяют скорость разложения и особенности миграции загрязняющих веществ [1]. Углеводороды (УВ) в почвах подвергаются деградации, которая может протекать в нескольких направлениях. Часть соединений окисляется до углекислого газа и воды, часть выносятся из почвенного профиля в виде продуктов неполного окисления, часть УВ преобразуется в термодинамически устойчивые соединения. Происходит процесс самоочищения почв от техногенных УВ.

Под термином «самовосстановление» (самоочищение) подразумевается естественное восстановление природного объекта, без какого-либо вмешательства человека. Направленность процессов самоочищения зависит как от особенностей почв, так и состава загрязнителей, их концентраций и механизма поступления в почву [2]. Самовосстановление почв условно можно подразделить на ряд этапов. Продолжительность этапов может варьировать от нескольких месяцев до нескольких десятков лет. На первом этапе самовосстановления преобладают физико-химические процессы, такие как испарение и окисление углеводородов. На данном этапе из почвы удаляется около 2/3 и более легких и летучих соединений нефти, в зависимости от ее состава. На втором этапе преобладают процессы микробиологической деструкции соединений, входящих в состав нефти, и, наконец, на последнем этапе активно развиваются процессы, связанные с восстановлением на загрязненной почве растительного сообщества. Фактор самоочищения будет реализован, если уровень загрязнения не перейдет допустимого порога для почв данной территории. В Республике Беларусь приняты дифференцированные гигиенические нормативы нефтепродуктов в почве для различных категорий земель: земли сельскохозяйственного назначения, земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения, земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса – 50 мг/кг; земли населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных кооперативов – 100 мг/кг; земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения – 500 мг/кг [3].

Потенциальная способность почв к самоочищению от углеводородов оценивалась нами по соотношению факторов разложения и рассеяния загрязнителей. При ее территориальной оценке мы учитывали природные условия (факторы) Беларуси, влияющие на физико-химическое и биологическое разложение, а также механическое рассеяние загрязняющих веществ. Оценка давалась качественная, исходя из деления каждой группы факторов на три категории значений: низкие (слабо протекающие процессы), средние (умеренная скорость процессов), высокие (высокая скорость процессов). Для сравнительной оценки почв республики по потенциальной способности к самоочищению от нефти и НП, устойчивости к углеводородному загрязнению была разработана геоинформационная система (ГИС-проект), которая позволила провести пространственный анализ данных о свойствах природной среды Беларуси, влияющих на условия аккумуляции, выноса и деградации УВ [4, 5].

Активность физико-химического разложения углеводородов зависит от факторов окисления (окислительно-восстановительный режим почвы) и факторов испарения (тепловой режим почв). Анализ картографических материалов по этим показателям позволил установить, что способности почв к физико-химическому разложению УВ изменяется незначительно, несколько увеличиваясь в направлении с севера на юг страны. Здесь сказывается температурный фактор – к югу сумма температур воздуха выше +15⁰ С составляет 1700 – 1800⁰ С.

Биологическое разложение нефти и нефтепродуктов в почвах определяется их биологической активностью (в основном, деятельностью углеводородоксилирующих микроорганизмов). Основные факторы, контролирующие биологическую активность почв Беларуси, это продолжительность вегетационного периода и степень увлажнения почв. Эти факторы условно отражаются с помощью двух критериев – продолжительности безморозного периода и количества осадков, обеспечивающего влажность почвы в теплое время года. Скорость разложения углеводородов в почвах Беларуси при одинаковой продолжительности активной деятельности микроорганизмов зависит от термического режима почв: в более прогреваемых почвах процессы биодegradации УВ идут активнее. Анализ материалов свидетельствует, что для почв Беларуси основным фактором, определяющим способность почв к разложению углеводородов, является биологическая деградация последних, которая контролируется количеством осадков в теплое время и продолжительностью безморозного периода (рисунок 1).

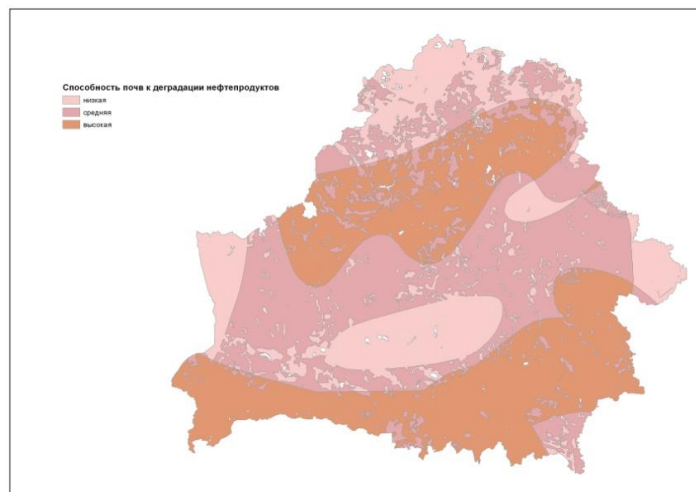


Рис. 1. – Дифференциация территории Беларуси по интегральной способности почв к разложению углеводов

На потенциальную способность почв к самоочищению, помимо разложения углеводов влияет интенсивность механического рассеяния нефтепродуктов. В свою очередь, интенсивность механического рассеяния нефтепродуктов определяют две разнонаправленные группы факторов, способствующие: *аккумуляции* углеводов и закреплению их в почвенном профиле (одна группа факторов) и *выносу* углеводов за пределы почвенного профиля (вторая группа). Разность относительных величин этих факторов и определяет относительную интенсивность механического рассеяния нефтепродуктов.

Основным показателем сорбционной способности почв является мощность органогенных и гумусовых горизонтов, содержание в них Сорг., гранулометрический состав минеральной части (гор. С) и процентном содержании Сорг. в нем (в гор. С или ВС). Распределение почв по относительной способности к аккумуляции НП очень пестрое. Высокая способность отмечена в местах, где сорбционные барьеры более мощные, где почвообразующими породами выступают лессы, суглинки, глины или мощные торфяники. Высокие показатели наблюдаются в северо-восточной, восточной и центральной частях республики.

Дифференциация территории по потенциальной интенсивности рассеяния нефтепродуктов поверхностным стоком проводилась по двум показателям – среднегодовому количеству осадков и модулю среднегодового стока. В рассеянии ведущим выступает фактор «модуль среднегодового стока», показатель которого уменьшается с севера на юг Беларуси. Наиболее высокая интенсивность рассеяния НП поверхностным стоком характерна для северо-восточной и западной части территории Витебской области (модуль стока здесь от 6,0 до > 8,0 л/с*км², количество осадков 650–750 мм/год. Для западной части Гродненской области и всей территории Брестской и Гомельской областей установлена низкая интенсивность рассеяния НП поверхностным стоком.

Для потенциальной интенсивности водной миграции НП в почвенном профиле оценивались данные сочетания водного режима почв с положением почв в элементарных ландшафтах. Установлено, что наиболее благоприятные условия для миграции (выноса) углеводов имеют почвы, развитые в элювиальных ландшафтах. Менее предрасположены к миграции НП почвы трансэлювиальных и трансаккумулятивных ландшафтов. Наименее благоприятными условиями для выноса НП характеризуются почвы аккумулятивных ландшафтов. Для оценки относительной способности почв к выносу НП за пределы почвенного профиля в расчет брались интенсивность рассеяния углеводов поверхностным стоком и интенсивность миграции в почвенном профиле.

Исходя из изложенного, при дифференциации территории Беларуси по выносу нефтепродуктов за пределы почвенного профиля определяющим фактором является интенсивность выноса НП поверхностным стоком. Наиболее низкая способность к выносу НП за пределы почвенного профиля характерна для почв южной части территории республики и запада Гродненской области – это территории с пониженным количеством суммы среднегодовых осадков, более низким модулем среднегодового стока и территории с преобладанием суперкавальных ландшафтов.

Механическое рассеяние неразложившихся техногенных углеводов водными потоками (рисунок 2) является одним из факторов самоочищения. Рассеяние углеводов происходит в двух направлениях – с поверхностным смывом с почвы и вертикальной миграцией в почвенном профиле.

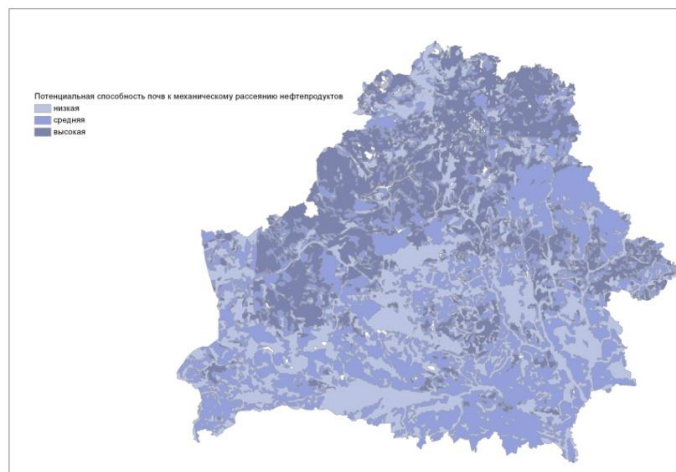


Рис. 2. – Дифференциация территории Беларуси по потенциальной способности почв к механическому рассеянию нефтепродуктов

Критерием разделения почв по условиям механического рассеяния НП принята разность показателей аккумуляции и выноса: преобладание аккумуляции – это низкая способность почвы к рассеянию НП, равенство – среднее, превышение выноса над аккумуляцией – высокая способность почвы к рассеянию НП. Пространственная структура потенциальной способности почв к механическому рассеянию нефтепродуктов в значительной степени схожа с пространственной структурой относительной способности почв к выносу нефтепродуктов за пределы почвенного профиля, что подчеркивает большую значимость фактора выноса НП.

Итоговая карта группировки почв по способности к самоочищению от углеводородного загрязнения (рисунок 3) создана на основе синтеза карт деградации и механического рассеяния углеводородов в почвах, а именно: совмещения карт потенциальной способности почв Беларуси к деградации углеводородов (см. рисунок 1) и механического рассеяния НП (см. рисунок 2) в почвах.

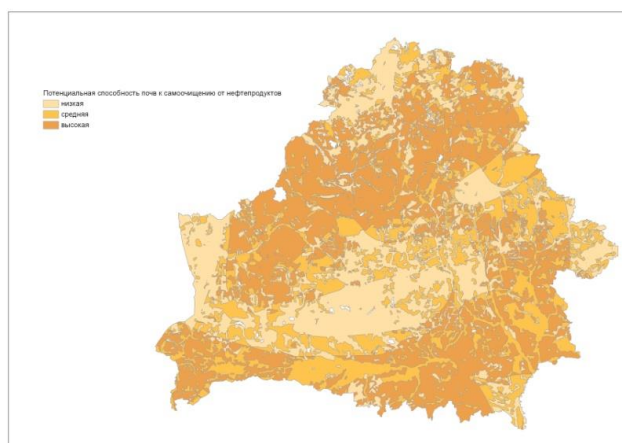


Рис. 3. – Дифференциация территории Беларуси по потенциальной способности почв к самоочищению от нефтепродуктов

Проведенное исследование позволило дифференцировать почвенный покров территории Беларуси по потенциальной способности к самоочищению от техногенных углеводородов. Анализ материала свидетельствует, что для почв Беларуси основным ведущим фактором в процессе самоочищения от загрязнения нефтепродуктами является их биологическая деградация, которая оценивалась нами по количеству осадков в теплое время и продолжительности безморозного периода. Низкой потенциальной способностью к самоочищению обладают почвы в пределах центральной части Полесья, на севере республики и в западной части Гродненской области.

Приведенные факторы способности почв Беларуси к выносу и аккумуляции нефтепродуктов носят качественный характер. Они указывают лишь на почвенные условия без учета уровня загрязнения и состава загрязняющих веществ. При оценке потенциала самоочищения конкретной территории необходимо вводить показатели уровней загрязнения почвы, состава загрязняющих веществ и объемов их поступления.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Хаустов, А. П. Трансформация нефтепродуктов в геологической среде при изменении их битумоидного статуса / А. П. Хаустов, М. М. Редина // Геоэкология. Инженерная геология. Геокриология. - 2013. – № 6. – С. 502-515.
2. Бондаренко А. П, Базарбеков К. У. Восстановление экосистем нарушенных нефтепродуктами: учебное пособие /А. П. Бондаренко, К. У. Базарбеков. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2006. – 195 с.
3. Предельно допустимые нормы содержания нефтепродуктов в землях (включая почвы) для различных категорий земель // Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 12 марта 2012 № 17/1. – 1 с.
4. Оношко, М. П. Оценка потенциальной способности почв Беларуси к разложению углеводов / М. П. Оношко, А. С. Глаз, Л. И. Смыкович, М. А. Подружая // Природные ресурсы. № 1, 2019. – С. 5–13.
5. Оношко М. П. Оценка потенциальной способности почв Беларуси к самоочищению от нефти и нефтепродуктов / М. П. Оношко, А. С. Глаз, Л. И. Смыкович, М. А. Подружая // Природные ресурсы. № 2, 2019. – С. 5–14.

УДК 630*181;630*907.4

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ ЧАЭС

SANITARY CONDITION OF BIRCH STANDS IN THE 30-KILOMETER ZONE OF THE CHERNOBYL NPP

А. М. Потапенко, Н. В. Толкачева, И. А. Машков, В. В. Бутковец, В. А. Серенкова

A. M. Potapenko, N. V. Tolkacheva, I. A. Mashkov, V. V. Butkovets, V. A. Serenkova

*Институт леса НАН Беларуси
г. Гомель, Республика Беларусь
formelior@tut.by*

*Institute of Forest of the NAS of Belarus, Forest Institute NASB
Gomel, Republic of Belarus*

Проведена оценка санитарного состояния березовых насаждений в 30-километровой зоне ЧАЭС спустя 30 лет после аварии. Установлено, что наиболее устойчивыми по санитарному состоянию являются березняки крапивные (среднее доленое участие здоровых древостоев – 35,4 %), наименее устойчивыми – березняки осоковые (среднее доленое участие здоровых древостоев – 27,9 %).

The sanitary state of birch stands in the 30-km zone of the Chernobyl NPP 30 years after the accident was assessed. It was found that the most stable in sanitary condition are nettle forests (average proportion of healthy stands – 35,4 %), the least stable - sedge forests (average proportion of healthy stands – 27,9 %).

Ключевые слова: состояние насаждений, береза повислая, радиоактивное загрязнение, зона отчуждения.

Keywords: state of stands, silver birch, radioactive contamination, exclusion zone.

В 30-километровой зоне ЧАЭС, расположенной в пределах Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее – ППРЭЗ), на протяжении последних 30 лет и более лет мягколиственные насаждения не эксплуатируются. Насаждения теряют свою биологическую устойчивость, происходит постепенная их деградация [1].

По состоянию на 01.01.2020 год общая площадь земель лесного фонда ППРЭЗ составляет 216,9 тыс. га, из них покрытые лесом земли – 139,6 тыс. га. В породном составе лесов преобладают сосняки (39,3 %), березняки (30,9 %) и черноольшаники (10,6 %).

За последние 10 лет в разрезе групп древесных пород доля хвойных насаждений увеличилась на 5,0 % (+2613,8 га), твердолиственных – на 8,3 % (+719,2 га), а мягколиственных – на 12,9 % (+6943,5 га). Наличие значительного количества мягколиственных пород объясняется изменением площади заповедника (+784,0 га) а также увеличением покрытых лесом земель (+15,5 %) за счет зарастания вырубок, прогалин, пустырей и других непокрытых лесом земель, быстрым заселением ими брошенных сельскохозяйственных земель, имеющих, в том числе, и избыточное увлажнение, а также за счет проведенных мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению. Площадь березовых насаждений ППРЭЗ увеличилась на 6953,2 га (19,2 %). В то же время отмечается уменьшение на 37,0 % площади молодняков. Выявлено значительное увеличение площади средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждений, соответственно на 4412,5, 3879,1, 3428,5 га. В настоящее время возрастная структура березовых насаждений характеризуется следующим образом: молодняки составляют 18,8 %, средневозрастные – 63,4 %, приспевающие – 9,6 %, спелые и перестойные насаждения – 8,2 % (таблица 1).

Целью данной работы является изучение санитарного состояния березовых насаждений в 30-километровой зоне ЧАЭС спустя 30 лет после аварии.

Исследования проводились на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника в чистых и смешанных березовых насаждениях 30-километровой зоны ЧАЭС на 9 пробных

площадах (далее – ПП). Пробные площади были заложены в преобладающих типах леса: крапивном, черничном, приручейно-травяном, осоково-травяном и осоковом.

В камеральных условиях для каждой ПП по общепринятым методикам определялись таксационные характеристики насаждений (диаметр, высота, сумма площадей поперечного сечения, запас, полнота, бонитет). Таксационные показатели и радиационная характеристика березовых насаждений на ПП представлены в таблице 2.

Таблица 1

Распределение березовых насаждений по группам возраста в лесном фонде ПГРЭЗ

Преобладающая порода	Данные лесо-устройства	Площадь покрытых лесом земель по группам возраста										итого
		молодняки		средневозрастные		приспевающие		спелые и перестойные				
		всего		в том числе перестойные								
га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га
Береза	настоящего	8123,7	18,8	27368,8	63,4	4167,7	9,6	3531,7	8,2	84,9	0,2	43191,9
	предыдущего	12890,6	35,6	22956,3	63,3	288,6	0,8	103,2	0,3	–	–	36238,7
Изменения, ±		-4766,9	-37,0	+4412,5	+19,2	+3879,1	+1344,1	+3428,5	+3322,2	+84,9	+100,0	+6953,2

Таблица 2

Таксационная и радиационная характеристики березовых насаждений на пробных площадях в 30-километровой зоне ЧАЭС

Лесничество	Кв. / вид.	Мощность дозы на высоте 1 м, мкЗв/час	Состав	Возраст, лет	Дср., см	Нср., м	Бонитет	Полнота	Тип леса	М, м³/га
Радинское	80 / 26	4,94	10Б+С	80	19,5	21,7	2	0,50	Б. чер.	146,8
Радинское	80 / 30	3,57	9Б1С	75	20,2	22,3	2	0,65	Б. чер.	200,5
Радинское	66 / 28	3,61	6Б4С+Ос ед. Д	55	21,2	21,7	1	0,87	Б. кр.	277,8
Крюковское	8 / 16	2,89	9Б1Олч	60	27,9	22,3	1	0,46	Б. кр.	146,7
Верхнеслободское	70 / 6	0,95	9Б1Ос	75	22,7	23,0	3	1,03	Б. пр-тр.	322,9
Радинское	68 / 10	3,21	7Б3Олч ед. Д	45	26,2	21,3	1	0,78	Б. ос-тр.	230,4
Верхнеслободское	70 / 14	1,12	10Б+Олч ед. С	70	34,0	23,4	3	0,76	Б. ос.	246,2
Радинское	76 / 12	3,84	5Б5Олч	60	20,8	20,2	2	0,78	Б. ос-тр.	234,4
Радинское	76 / 9	4,39	6Б4Олч+С,Ос ед. Д	65	20,2	23,4	2	1,15	Б. ос.	406,1

Исследование санитарного состояния березовых насаждений в 30-километровой зоне ЧАЭС проводилось в соответствии с Санитарными правилами в лесах Республики Беларусь [2].

Санитарное состояние березовых древостоев оценивалось по индексу состояния [3], который рассчитывался для каждой пробной площади по формуле (1):

$$I_n = \frac{\sum I_k}{N}, \tag{1}$$

где I_n – индекс санитарного состояния насаждения; I_k – балл деревьев для определения категории состояния; n – количество деревьев данной категории состояния; N – количество деревьев на пробной площади.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программ MS Excel.

Результаты исследования березовых насаждений ПГРЭЗ в преобладающих типах леса показали, что основная масса (35,5 % от общего количества) деревьев березы повислой относится ко 2 категории санитарного состояния, средний индекс состояния (далее – I_n) древостоя составляет 2,69, т.е. насаждение является сильно ослабленным. При этом индекс санитарного состояния древостоя изменялся от 2,2 до 3,7.

Показатели устойчивости березы повислой в разновозрастных насаждениях 3 – 8 классов возраста на пробных площадях в 30-км зоне ЧАЭС показали, что в исследуемой зоне санитарное состояние березы значительно различается в зависимости от типа леса [4].

Установлено, что в березняках черничных основная масса деревьев березы (42,3 % от общего количества деревьев) относится ко 2 категории санитарного состояния, средний индекс состояния составляет 2,40, т.е. они являются ослабленными.

Долевая часть деревьев 3 и 6 категории (соответственно сильно ослабленные древостои и свежий сухойстой), составляет в среднем 14,5% и 16,8% соответственно, при этом доля здоровых деревьев – 26,5 % (рисунок 1).

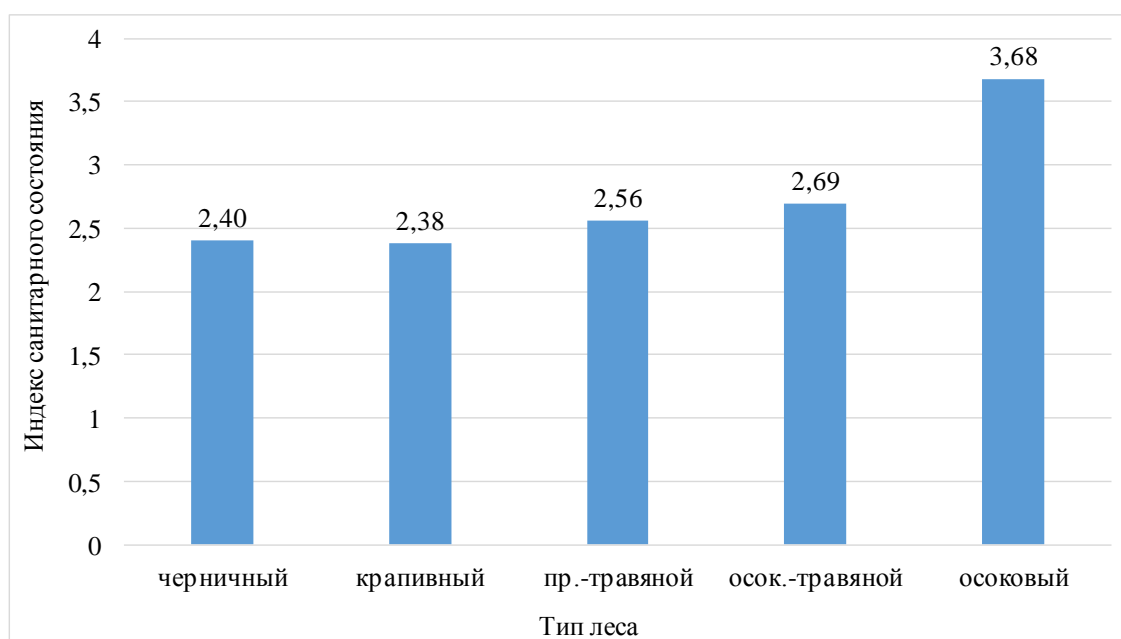


Рис.1. – Санитарное состояние березовых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС в различных типах леса

В березняках крапивных основная масса деревьев березы (35,4 % от общего количества деревьев) относится к 1 категории состояния, при этом I_n составляет 2,38, т.е. древостой считается также как и в черничном типе леса ослабленным. Долевое участие ослабленных древостоев составляет 33,2 %, сильно ослабленных и сухостойных – 14,0 % и 17,5 %, соответственно (таблица 3).

Таблица 3

Санитарное состояние березовых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС

Тип леса	Возраст древостоя, лет (2020 год)	Всего деревьев, шт.	Распределение деревьев по категориям санитарного состояния древостоя, I_k (%)						I_n
			1	2	3	4	5	6	
Б. чер.	80	61	31,1	37,7	14,8	0,0	16,4	0,0	2,33
Б. чер.	75	64	21,9	46,9	14,1	0,0	17,2	0,0	2,44
Б. кр.	55	37	27,0	35,1	21,6	0,0	0,0	16,2	2,43
Б. кр.	60	32	43,8	31,3	6,3	0,0	0,0	18,8	2,38
Б. пр-тр.	75	77	37,7	35,1	5,2	0,0	0,0	22,1	2,56
Б. ос-тр.	45	42	7,1	40,5	21,4	7,1	2,4	21,4	3,21
Б. ос.	70	31	38,7	9,7	0,0	0,0	0,0	51,6	3,68
Б. ос-тр.	60	48	35,4	50,0	2,1	0,0	0,0	12,5	2,17
Б. ос.	65	88	30,7	33,0	3,4	0,0	0,0	33,0	3,05

В березняках приручейно-травяной и осоковой сериях типов леса основная масса деревьев березы (33,7 %) относится ко 2 категории состояния, при этом I_n составляет 2,9, т.е. они являются сильно ослабленными. При этом в березняках осоковых отмечается значительное долевое участие сухостойных деревьев 6 категории – 42,3 %, I_n составляет 3,68. Средняя доля здоровых деревьев на исследуемых ПП варьирует от 21,3 % в березняках осоко-травяных до 37,7 % в березняке приручейно-травяном.

Таким образом, в настоящее время санитарное состояние березовых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС характеризуется преобладанием сильно ослабленных (средняя категория санитарного состояния составляет 2,7) древостоев. Выявлено, что наиболее устойчивыми по санитарному состоянию являются березняки крапивные (долевое участие здоровых древостоев составляет 35,4 %), наименее устойчивыми – березняки осоковой серии типов леса (долевое участие здоровых древостоев составляет 27,9 %).

В березовых насаждениях санитарное состояние ухудшается в ряду: Б. кр. (Д₄) – Б. чер. (А₃, В₃) – Б. пр-тр. (В₄, С₅) – Б. ос-тр. (С₅) – Б. ос. (В₅).

ЛИТЕРАТУРА

1 Кудин, М. В. Предварительное естественное возобновление леса в высоковозрастных черноольшаниках зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / М. В. Кудин, А. В. Углянец, Д. К. Гарбарук // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – Минск: БГТУ, 2017. – № 2 (198). – С. 64–72.

2 Санитарные правила в лесах Республики Беларусь: утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19 декабря 2016 г. № 79. – Минск: Минлесхоз, 2016. – 21 с.

3 Карпенко, А. Д. Оценка состояния древостоев, находящихся под воздействием промышленных эмиссий / А. Д. Карпенко // Экология и защита леса: Межв. сб. науч. тр. – Вып. 6. – Л.: ЛТА, 1981. – С. 39–43

4 Изучить состояние лесов в 30-километровой зоне ЧАЭС и разработать рекомендации по повышению их устойчивости: отчет о НИР (закл.) / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т леса; рук. темы Н. И. Булко. – Гомель, 2020. – 109 с. – № ГР 20190362.

УДК 504.06

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ОАО «МИНСКИЙ МОЛОЧНЫЙ ЗАВОД № 1»
И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ
НА ПОЛНУЮ ПЕРЕРАБОТКУ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

**CHARACTERISTIC OF THE WATER SUPPLY OF MINSK DAIRY PLANT №1
AND THE FEATURES OF THE DRAINAGE SYSTEM WHEN SWITCHING
TO FULL PROCESSING OF MILK WHEY**

Г. И. Маслов, Е. С. Лён

G. I. Maslov, E. S. Len

*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета
г. Минск, Республика Беларусь
gleb.maslov.0@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Проведен анализ функционирования систем водоснабжения и водоотведения предприятия. Система водоснабжения предприятия включает в себя подземный водозабор, состоящий из трех артезианских скважин, вода из которых подвергается обезжелезиванию и обеззараживанию УФ-излучением. Наиболее водоемким технологическим процессом является приготовление масла и сухого молока. В системе водоотведения предприятия функционируют локальные очистные сооружения на выпуске сточных вод дождевой канализации и очистные сооружения на выпуске производственных сточных вод. Отсутствие сброса сыворотки в составе сточных вод позволило снизить значения БПК₅ в среднем в 30 раз, ХПК в среднем в 20 раз и более, содержание взвешенных веществ от 1,5 до 3 раз, азота аммонийного более чем в 120 раз, фосфатов более чем в 20 раз. Предприятие является безотходным производством по переработке молока, полностью перерабатывая сырную и творожную сыворотку.

An analysis of the operation of the plant's water and drainage systems has been carried out. The company's water supply system includes an underground water intake consisting of three artesian wells, the water of which is decontaminated and decontaminated by UV radiation. The most water-intensive process is the preparation of oil and powdered milk. The plant's drainage system operates local wastewater treatment plants for the production of rainwater wastewater and wastewater treatment plants for the production of wastewater. The lack of discharge of serum in wastewater allowed to reduce the values of BPC₅ by an average of 30 times, COD on average 20 times or more, the content of suspended substances from 1.5 to 3 times, ammonium nitrogen more than 120 times, phosphates more than 20 times. The company is a waste-free milk processing plant, completely processing cheese and curd whey.

Ключевые слова: молокоперерабатывающая промышленность, водоотведение, водопотребление, молочная сыворотка, очистные сооружения, сточные воды.

Keywords: dairy industry, wastewater management, water consumption, milk whey, wastewater treatment plants, wastewater.

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является промышленное производство, в которое вовлекаются значительные объемы природных ресурсов. Молочная промышленность не исключение, являясь одним из источников загрязнения окружающей среды. Воздействие предприятий молочной промышленности в основном связано со значительными объемами водопотребления и водоотведения.

Молочная отрасль включает несколько видов предприятий: городские молочные заводы, масло-, сыродельные и молочноконсервные заводы. Производство цельномолочной продукции в основном ориентировано на потребителя крупных городов Республики Беларусь (Минск, Гомель, Витебск, Могилев и др.). Производство масла и сыра представлено в большинстве городских населенных пунктах, среди которых можно выделить Скидель, Кобрин, Поставы, Толочин, Пружаны, Березу, Копыль, Дрогичин, Каменец, Любчу, Воложин. Производство сухого обезжиренного молока налажено в Калинковичах, Ивацевичах, Слониме, Добруше, г. п. Октябрьский, мороженого - в Минске, Бресте, Гомеле и других центрах, молочных консервов – в Глубоком, Рогачеве, сухих молочных смесей для детей - в Волковыске, плавленых сыров в Орше.

Перспективы производства молочной продукции в Беларуси на ближайшие годы достаточно положительны, что определяется ростом внутреннего спроса, а также расширением географии экспорта молочной продукции. В то же время рынок молочных продуктов с длительным сроком хранения характеризуется сильной зависимостью от конъюнктуры рынка, где присутствует ряд стран (Новая Зеландия, страны ЕС, Австралия и США), которые формируют мировую ценовую политику. Конкуренентоспособность белорусских товаропроизводителей пока им уступает.

Молочная отрасль Беларуси имеет доминирующее значение в перерабатывающей промышленности, так как производит важные для населения страны продукты питания. По данным Министерства здравоохранения Республики Беларусь, от общего веса продуктового набора потребительской корзины жителей 44 % приходится на долю молока и молочных продуктов.

На протяжении последних лет производство молока в республике растет (в 2017 году было произведено 7,321 миллиона тонн), однако максимальный уровень советского производства (7,457 миллиона тонн в 1990 году) пока остается непревзойденной планкой.

Беларусь является мировым лидером по производству молока на душу населения. Валютные поступления в бюджет от продажи молочной продукции уступают только таким гигантам белорусской экономики, как нефтеперерабатывающая отрасль и производство калийных удобрений [1].

Белорусская молочная отрасль специализируется на выпуске молока, масла, сыров, мороженого, молочных консервов и других продуктов. По данным на 2019 год в Республике Беларусь функционирует около 40 предприятий, занимающихся переработкой молока. Ведущими предприятиями молочной промышленности страны являются:

- ОАО «Савушкин продукт» – лидер молочной отрасли Беларуси, один из крупнейших производителей натуральной молочной продукции Восточноевропейского региона. Крупнейший производитель сыров, цельномолочной продукции, лидирует по производству йогуртов и десертов. В настоящее время ОАО «Савушкин продукт» является безотходным производством, полностью перерабатывая так называемые побочные продукты (сырную и творожную сыворотку);

- ОАО «Слущкий сыродельный комбинат» - крупнейший в Беларуси производитель сухого обезжиренного молока и масла, входит в ТОП-3 по объемам переработки молока;

- молочный холдинг «Бабушкина крынка»;

- ОАО «Минский молочный завод №1» - один из старейших производителей молочной продукции в Беларуси.

Основное производство ОАО «Минский молочный завод № 1» включает в себя: цех по производству сливочного масла и цельномолочной продукции; участок по производству сухого молока; цех по выработке и уходу за сыром; приемно-аппаратный участок; участок фасовки; тарный участок; производственная лаборатория.

Предприятие выпускает продукцию 6 торговых марок: Минская марка, Славянские традиции, Молочная страна, Дени, Венский завтрак, Аристей, Yogi. Ассортимент выпускаемой продукции насчитывает 250 наименований. 40 % продукции экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья: Россию, Грузию, Таджикистан, Узбекистан, Молдову, Казахстан, США, Китай и другие страны.

В процессе производства сыра на каждую тонну сыра получают около 7,2 тонн сыворотки. Основная часть сыворотки выделяется в процессе обработки сгустка. В сыворотку переходит молочный сахар, минеральные вещества, витамины и ферменты [2]. Продолжительное время сыворотку считали отходом производства, однако сейчас её называют продуктом будущего.

Проблема образования значительных объемов молочной сыворотки возникла с началом промышленного производства творога, сыра и казеина, масса которых составляет лишь 10 - 20% от массы молока, в то время как 80 – 90 % приходится на получаемую как побочный продукт молочную сыворотку. В нее переходит около 50 % сухих веществ молока, но из-за невысокой концентрации этих веществ (6,0 % – 7,0 %) сыворотку рассматривали как отходы производства. Проведенные исследования показали, что в состав сыворотки входят многие ценные вещества, что явилось основанием отнесения сыворотки не к отходу, а к вторичному молочному сырью.

Все виды молочной сыворотки (подсырная, творожная, казеиновая) имеют практически идентичные биологические свойства. Однако, если обезжиренное молоко является источником белка, то молочная сыворотка, главным образом, источником лактозы (более 70 % от массовой доли сухих веществ). Гидролиз лактозы в кишечнике протекает медленно, что ограничивает процессы брожения и нормализует

жизнедеятельность полезной кишечной микрофлоры, а также замедляет гнилостные процессы, газообразование и т.п. Сывороточные белки характеризуются оптимальным набором и сбалансированностью аминокислот, содержащих серу и других незаменимых аминокислот, таких как цистеин, лизин, метионин, гистидин, триптофан и др., что обеспечивает синтез белков печени, процессы образования гемоглобина, регенерацию белков плазмы крови. Жир, содержащийся в молочной сыворотке, диспергирован больше, чем в молоке и хорошо всасывается стенками желудка. Важную роль играют также ферменты, витамины, фосфолипиды и другие биологически активные вещества. Кроме того, молочная сыворотка отличается высоким содержанием минеральных солей, состав которых приближается к составу в цельном молоке. Энергетическая ценность молочной сыворотки разных видов составляет 1013 кДж/кг, значительно ниже энергетической ценности цельного молока (36 % от цельного молока), что определяет ее стоимость и ценность. Таким образом, весь комплекс сухих веществ молочной сыворотки позволяет охарактеризовать ее как биологически полноценное сырье, на основе которого можно получить широкий ассортимент продуктов, особенно для детского, диетического и лечебного питания. В зависимости от вида основного продукта получают подсырную, творожную или казеиновую сыворотки [3].

Основным компонентом в составе молочной сыворотки является лактоза, которая составляет в сухом веществе 70–75%. При этом в творожной сыворотке нижний предел содержания лактозы несколько ниже за счет процесса сбраживания и превращения в молочную кислоту, что отражается на кислотности сыворотки. Степень перехода отдельных компонентов молока в молочную сыворотку связана с процессами гелеобразования и синерезиса. В молочную сыворотку переходит 6,3–12,4 % жира, а абсолютное содержание его в зависимости от жирности исходного сырья и технологии колеблется в широких пределах – от 0,05 % до 0,5 %. Некоторые показатели состава и свойств различных видов молочной сыворотки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав и свойства различных видов молочной сыворотки

Показатель	Молочная сыворотка		
	Подсырная	творожная	казеиновая
Сухое вещество, %, в том числе:	4,5 – 7,2	4,2 – 7,4	4,5 – 7,5
молочный жир	0,05 – 0,5	0,05 – 0,4	0,02 – 0,1
белок	0,5 – 1,1	0,5 – 1,4	0,5 – 1,5
лактоза	3,9 – 4,9	3,2 – 5,1	3,5 – 5,2
минеральные соли	0,3 – 0,8	0,5 – 0,8	0,3 – 0,9
кислотность, °Т	15 – 25	50 – 85	50 – 120
плотность, кг/м ³	1018 – 1027	1019 – 1026	1020 – 1025

Как отмечалось выше предприятия молочной промышленности нуждаются в высоком уровне потребления воды. Динамика потребления воды предприятием ОАО «Минский молочный завод №1» за 2015 – 2019 гг. отражена в таблице 2. Возросшие объёмы водопотребления вызваны увеличением объёмов выпускаемой продукции.

Таблица 2

Источники и объёмы потребления воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды предприятия

Наименование показателя	Значение, тыс. м ³				
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Объём изъятый(добытой) и полученной воды, всего	1533	1267	1132	1621	1685
Из подземных вод	1265	754	1096	1445	1487
Передано от других водопотребителей	268	513	36	176	198

Система водоснабжения предприятия включает в себя подземный водозабор, состоящий из трёх артезианских скважин, магистрального водопровода диаметром 150 мм, станции обезжелезивания производительностью 100 м³/ч, четырех резервуаров питьевой воды общим объемом 750 м³, насосов второго подъема производительностью 360 м³/ч и водопровода распределительной сети.

Скважины оборудованы наземными павильонами. На напорных водоводах имеется запорная арматура, водомеры, манометры, оголовки герметичны. В состав сооружений входят: насосная станция второго подъема со станцией обезжелезивания, резервуар чистой воды. Станция обезжелезивания оборудована двумя безнапорными фильтрами, компрессором, предусмотрено УФ-обеззараживание. Промывные воды отводятся

в коллектор хозяйственной канализации. Павильоны скважин обустроены бирками с указанием номера скважины, наименования буровой организации и года бурения скважины.

Учет водопотребления из артезианских скважин производится на каждом водозаборе (скважина №1, паспортный номер №13866 «А» производительностью 50 м³/ч, глубиной 200 м, пробурена 1995 г.; скважина № 2, паспортный номер № 36439/83, производительностью 52 м³/ч, глубиной 205 м, пробурена 1983 г.; скважина № 3, паспортный номер №54622/14 производительностью 65 м³/ч, глубиной 215 м, пробурена 2014 г). Показания приборов об объемах добычи воды в каждой скважине ежедневно фиксируются в журнале по форме ПОД-6 «Журнал учета водопотребления и водоотведения с применением средств измерений расхода (объема) вод». На титульном листе имеется отметка о водомерах, дате его поверки, фиксируется снятие и замена прибора учета.

На предприятии имеются системы оборотного водоснабжения, предназначенные для охлаждения вакуум–выпарных установок; для обеспечения работоспособности компрессоров (для отведения тепла при конденсации аммиака в испарительном конденсаторе), а также для охлаждения продукта в теплообменном оборудовании.

Система водоотведения состоит из самотечной хозяйственно-фекальной канализации, производственной канализации и дождевой канализации, самотечных коллекторов. Хозяйственно–фекальные и производственные сточные воды отводятся в сети коммунальной канализации КУПП «Минскводоканал». Дождевая канализация состоит из водоприемных колодцев и самотечного железобетонного коллектора, очистных сооружений с отведением сточных вод в центральную канализацию. Поверхностные сточные воды с территории предприятия поступают на локальные очистные сооружения, оборудованные бензомаслоотделителем с интегрированным пескоуловителем ВМОК 20 DN 250 ББС, введенные в эксплуатацию в 2015 г. и сбрасываются в центральную канализацию.

Поверхностные сточные воды с территории стоянки грузового автотранспорта после очистки на локальных очистных сооружениях типа NGP-S-10 сбрасываются в центральную канализацию.

Учет водоотведения осуществляется в местах сброса сточных вод в водные объекты, на каждом очистном сооружении в местах, определенных проектной документацией, перед сбросом в водные объекты на выпуске отводимых дождевых вод в центральную канализацию;

Объемы сточных вод, отводимых в городскую канализацию, отражаются ежемесячно в журнале по форме ПОД-7 исходя из количества выпускаемой продукции, и рассчитываются как произведение удельного расхода воды на единицу продукции на суточный объем произведенной продукции в принятых единицах измерения, а также объем водопотребления, не зависящий непосредственно от объема выпускаемой продукции. В этом же журнале ежемесячно фиксируются объемы дождевых и талых сточных вод, определённые по данным Белгидромета.

Производственный аналитический контроль качества сточных вод осуществляется производственной лабораторией предприятия. Контролируется качество сточных вод, отводимых в сети коммунальной канализации в контрольном колодце (общий сток) с периодичностью отбора 1 раз в месяц по рН, ХПК, БПК₅, взвешенным веществам, сухому остатку, нефтепродуктам, азоту аммонийному, фосфат-иону, сульфат-иону, хлорид-иону, железу общему, а также в контрольных колодцах на выходе с основных цехов с периодичностью отбора три раза в неделю по таким показателям как рН, ХПК, фосфат-ион, взвешенные вещества, сухой остаток, азот аммонийный. Учет количества загрязняющих веществ, сбрасываемых в водные объекты, осуществляется в журнале по форме ПОД-8 в местах отведения сточных вод в сети коммунальной канализации. Данные о водоотведении предприятия «Минский молочный завод №1» за 2015 – 2019 гг. приведены в таблице 3 [4].

Таблица 3

Объёмы водоотведения, тыс. м³/ год

Наименование показателя	Значение, тыс. м ³				
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Объём отведенных сточных вод, всего	1330	1102	957	1355	1362
Хозяйственно-бытовые	105	41	23	33	31
Производственные	1225	1061	934	1322	1331

Разница в объёмах водопотребления и водоотведения за счёт произведенной продукции составляет от 14 до 20 %. Переработка молочной сыворотки в ценные конечные продукты питания отразилась на показателях качества сточных вод, о чём свидетельствуют значения основных показателей, приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Основные показатели качества сточных вод предприятия

Показатель	При сбросе сыворотки	При отсутствии сброса сыворотки	Допустимые концентрации
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1200 – 1400	43	400
ХПК, мгО ₂ /дм ³	1500 – 3000	102	1000
Взвешенные вещества, мг/дм ³	300 – 600	200	400
Азот аммонийный, мг/дм ³	50 – 90	0,39	30
Фосфаты, мг/дм ³	8,0 – 16,0	0,5	10
рН	6,0 – 8,0	7,0	6,5 – 9,0

Значения показателей качества сточных вод при отсутствии сброса сыворотки не превышают допустимые концентрации [5]. Достигнуто снижение значений БПК₅ в среднем в 30 раз, ХПК в среднем в 20 раз и более, содержание взвешенных веществ от 1,5 до 3 раз, аммонийного азота более чем в 120 раз, содержания фосфатов более чем в 20 раз. В настоящее время ОАО «Минский молочный завод № 1» является безотходным производством по переработке молока, полностью перерабатывая так называемые побочные продукты - сырную и творожную сыворотку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Значение молочной промышленности для белорусской экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sputnik.by/infographics/20180306/1034050686/chto-znachit-dlya-ehkonomiki-belarusi-molochnaya-otrasl.html>. Дата доступа: 11.02.2021.
2. Очистка сточных вод предприятия молочной промышленности [Электронный ресурс] / Экология. – Режим доступа: [//ecologia.by/number/2014/5/UR1_5_2014_11/](http://ecologia.by/number/2014/5/UR1_5_2014_11/). – Дата доступа: 02.03.2021.
3. Храмцов, А.Г. Технология производства продуктов из молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. – М.: Агропромиздат, 2011. – 587 с.
4. Экологический паспорт предприятия ОАО «Минский молочный завод № 1»; утв. «Минский молочный завод № 1». от 11.06.2019 г. – 8 с.
5. Комплексное природоохранное разрешение ОАО «Минский молочный завод № 1». От 05.08.2018.

УДК 502.504.05

**МОНИТОРИНГ РЕЖИМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ
Р. МАЛАЯ КОКШАГА ПО ДАННЫМ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**MONITORING THE EXPLOITATION OF THE WATER PROTECTION ZONE
OF THE MALAYA KOKSHAGA RIVER USING REMOTE SENSING DATA**

Д. А. Назарян

J. A. Nazaryan

*Поволжский государственный технологический университет
г. Йошкар-Ола, Россия
dxe_97@mail.ru*

*Volga State University of Technology
City Yoshkar-Ola, Russia*

Мониторинг водоохраных зон необходим для оценки количества нарушений в буферной зоне. Традиционные процедуры осуществлялись посредством полевых исследований и составления карт вручную, что являлось трудоемким и дорогостоящим процессом. Мониторинг экологических проблем с помощью технологии ГИС имеет больше преимуществ по сравнению с традиционной программой мониторинга. Предлагаемое исследование будет сосредоточено на выявлении критических участков в 200-метровой водоохранной зоне реки Малая Кокшага с использованием дистанционного зондирования земли и ГИС-технологий для определения критических участков в водоохранной зоне реки Малая Кокшага. Результатом работы является формирование и ведение геоинформационной системы водных объектов, дающей объективную картину состояния акваторий, водосборов и водоохраных зон, а также возможность делать прогнозы и планировать природоохранные мероприятия.

Monitoring of water protection zones is necessary to assess the number of violations in the buffer zone. Traditional procedures were carried out through field research and manual mapping, which was time consuming and costly. Monitoring environmental issues using GIS technology has more advantages over a traditional monitoring program. The proposed study will focus on identifying critical sites in the 200-meter water protection zone of the Malaya Kokshaga River using remote sensing and GIS technologies to identify critical sites in the water protection zone of the Malaya Kokshaga River. The result of the work is the formation and maintenance of a geoinformation system of water bodies, which gives an objective picture of the state of water areas, catchments and water protection zones, as well as the ability to make forecasts and plan environmental protection measures.

Ключевые слова: буферная зона, гис-технологии, дистанционное зондирование земли.

Keywords: buffer zone, gis- technology, remote sensing data.

Водоохранные зоны (ВОЗ) представляют собой геоэкологические барьеры, функциями которых являются:

- защита берегов от размыва;
- биологический дренаж;
- перевод поверхностного стока в грунтовый (водорегулирующая функция);
- предотвращение загрязнения водного объекта;
- сохранение экологических условий переходной зоны от водного объекта к сухопутным системам.

Водоохранные зоны устраиваются вдоль всего водного объекта согласно Водному кодексу ФЗ-№ 74 от 2006 г. Водоохранная зона устраивается с учетом особенностей местности. В нее включаются поймы рек, овраги и балки надпойменных террас. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на

водотоке, устанавливается равной ширине ВОЗ этого водотока. Водоохранная зона реки Малая Кокшага равна 200 метрам [1].

Мониторинг состояния берегов и режима использования водоохранных зон позволяет выявить процессы:

- эволюционные (естественно-исторические процессы развития);
- антропогенные (связанные с человеческой деятельностью), в том числе чрезвычайные ситуации (связанные с авариями, катастрофами, стихийными и экологическими бедствиями).

Основными задачами мониторинга водоохранных зон являются:

- своевременное выявление изменений состояния объектов, их оценка, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов;
- контроль использования и охрана земель.

Содержание мониторинга прибрежных территорий водного объекта составляют систематические наблюдения (съемки, обследования), выявление изменений и оценка:

- состояния берегов и водоохранных зон;
- процессов, связанных с формированием русла, в том числе разрушение берегов, оврагообразование, подтопление и заболачивание водоохранных зон;
- состояния гидротехнических сооружений.

Оценка состояния прибрежных территорий выполняется путем анализа ряда последовательных наблюдений (периодических, постоянных, разовых) и сравнения полученных показателей с допустимыми. Количество и периодичность наблюдений зависит от направленности и интенсивности изменений.

Рост нарушений на водных объектах России связан с недостаточностью системы мониторинга. Традиционно мониторинг реки Малая Кокшага проводился путем полевых съемок и составления карт вручную, что было трудоемким и дорогостоящим процессом для региона. По данным Министерства природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды республики Марий Эл мониторинг реки Малая Кокшага проводился ежегодно. На рисунке 1 изображены маршрутные наблюдения вдоль правого и левого берега реки Малая Кокшага в 2020 году.



Рис. 1 – Маршрутное обследование нарушений в водоохранной зоне р. Малая Кокшага

Для получения необходимой информации при мониторинге реки Малая Кокшага применялся метод дистанционного зондирования (съемка и наблюдение с космических аппаратов, самолетов, средств малой авиации и т.д), что позволило получить характеристики состояния буферных зон.

Для выявления нарушений использования водоохранной зоны реки Малая Кокшага по данным ДЗЗ спутниковые снимки территории взяты из программы SASPlanet, а именно Google Satellite. Нанесение границ водоохранной зоны было выполнено в программе ArcGIS Pro с помощью функции «Буфер», синим цветом выделена водоохранная зона. Часть снимков представлена на рисунках 2 – 3.

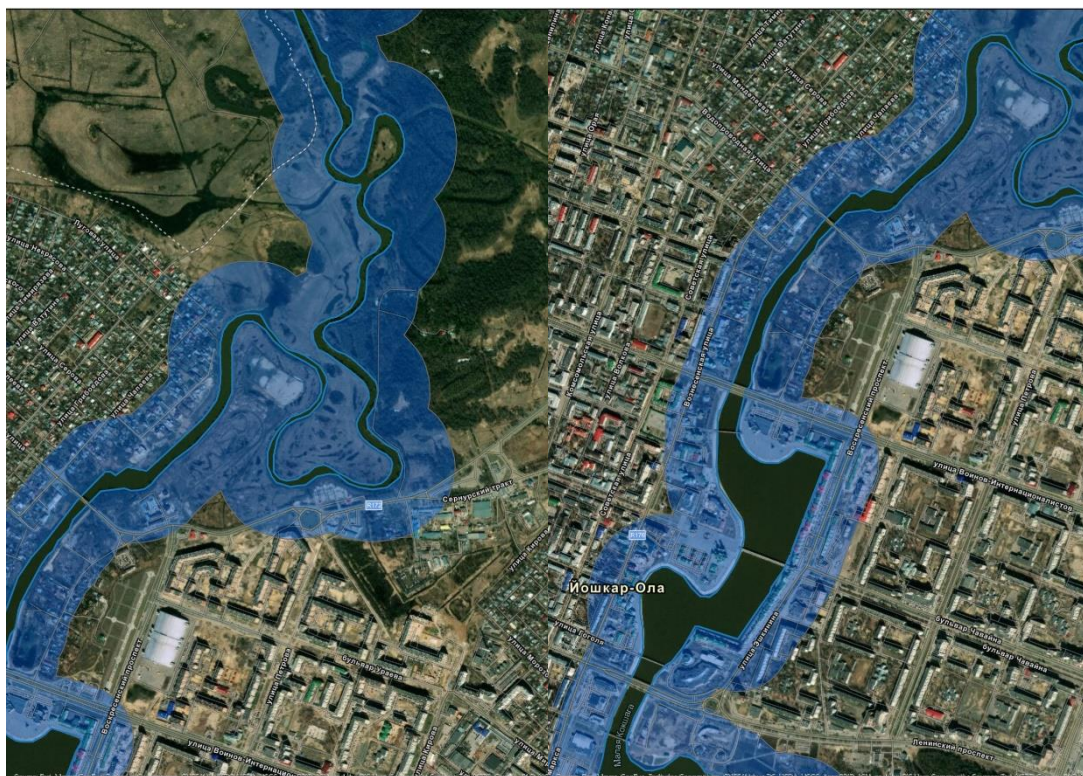


Рис. 2 – Границы водоохранной зоны р. Малая Кокшага нанесенные с помощью ArcGis



Рис. 4 – Выявленное нарушение



Рис. 5 – Выявленное нарушение

На рисунке 4 изображен снимок нарушенной территории, сопоставленный с маршрутным обследованием (рисунок 1), объект капитального строительства в прибрежной защитной полосе.

На рисунке 5 изображено явное нарушение п.15.5 ст. 65 Водного кодекса РФ – движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

Согласно, проведенному исследованию, можно сделать вывод, что мониторинг экологических нарушений в водоохранной зоне р. Малая Кокшага по данным дистанционного зондирования земли имеет преимущество над традиционным маршрутным обследованием территории. Выявление нарушений, таких как [2]:

- 1) использование сточных вод в целях регулирования плодородия почв;

2) размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, пунктов захоронения радиоактивных отходов;

3) осуществление авиационных мер по борьбе с вредными организмами;

4) движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие;

5) строительство и реконструкция автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов (за исключением случаев, если автозаправочные станции, склады горюче-смазочных материалов размещены на территориях портов, инфраструктуры внутренних водных путей, в том числе баз (сооружений) для стоянки маломерных судов, объектов органов федеральной службы безопасности), станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств и т.д. становится наиболее доступным и простым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологический паспорт Республики Марий Эл [Электронный ресурс] // URL: http://mar-el.gov.ru/minles/DocLib43/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/pasport_ekol.pdf (дата обращения 30.11.2020).

2. Водный кодекс Российской Федерации : 3 июня 2006 г., № 74-ФЗ (ред. От 24.04.2020) : принят Гос. Думой 12 апр. 2006 г. : одобр. Советом Федерации 26 мая 2006 г.

УДК 614.2

СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ЕГО РОЛЬ В РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

SOCIAL AND HYGIENIC MONITORING AND IT'S ROLE IN ACHIEVING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

В. И. Ключенович

V. I. Kluchenovich

*ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»
г. Минск, Республика Беларусь
kvi.eco@gmail.com*

*«Republican center for hygiene, epidemiology and public health»
Minsk, Republic of Belarus.*

Модернизация социально-гигиенического мониторинга в Республике Беларусь предусматривает применение индикаторов управленческих решений на основе сравнительного территориально ориентированного эпидемиологического анализа неинфекционной заболеваемости и интегральной индикации уровня здоровья на административной территории. Это позволяет давать комплексную характеристику окружающей среды и факторов, детерминирующих риски здоровью на популяционном уровне, и разрабатывать межсекторальные планы действий по профилактике болезней и формированию здорового образа жизни для достижения Целей устойчивого развития.

Modernization of social and hygienic monitoring in the Republic of Belarus provides for the use of indicators of management decisions on the basis of a comparative geographically oriented epidemiological analysis of non-communicable morbidity and an integral indication of the level of health in the administrative territory. This makes it possible to provide a comprehensive description of the environment and the factors that determine health risks at the population level, and to develop intersectoral action plans for disease prevention and healthy lifestyle to achieve the Sustainable Development Goals.

Ключевые слова: здоровье населения и окружающая среда, социально-гигиенический мониторинг, устойчивое развитие, индикаторы управленческих решений, интегральные оценки уровня здоровья.

Keywords: health and environment, social and hygienic monitoring, sustainable development, indicators of management decisions, integral assessments of health level.

В условиях глобализации воздействия на население социально-экологического груза для Беларуси, как и для других государств мира, характерен высокий уровень неинфекционной заболеваемости, которая является сейчас главной причиной экономических потерь из-за смертности среди активной части населения, возникающей нетрудоспособности и затрат на медицинские мероприятия.

Поэтому сохраняется актуальность мероприятий по профилактике болезней.

Но в последние полтора десятка лет в международной аналитике происходящих в мире эпохальных изменений утвердилось такое новое понимание, как «устойчивое развитие».

Устойчивое развитие – это гармония со средой обитания, когда при использовании любого социального и природного ресурса учитываются, в первую очередь, не экономические интересы, а факторы и условия, способные повлиять на человека, его здоровье, условия его жизнедеятельности и экологию.

Дальнейшее повышение качества и доступности медицинской помощи всем слоям населения, усиление профилактической направленности при широком вовлечении людей в здоровый образ жизни отражены в Цели устойчивого развития 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте».

С присоединением к глобальным Целям устойчивого развития (ЦУР) и взятым по ним обязательствам для Республики Беларусь открываются новые возможности также для улучшения здоровья населения.

В целом, если определить модель устойчивого развития территории в области управления общественным здоровьем, то она интегрирует три составляющие:

первая – это достижение медико-демографической устойчивости территории;

вторая – это реализация на территории государственной политики по профилактике болезней и оздоровлению среды обитания населения;

и, третья, очень важная – это обеспечение устойчивости функционирования самого сектора здравоохранения.

В силу этого, устойчивость развития в области здоровья населения может быть достигнута только при обеспечении тесного межведомственного взаимодействия всех партнеров в государственной, экономической, социальной и природоохранной сферах.

В настоящее время Министерство здравоохранения Республики Беларусь (Минздрав) проводит модернизацию социально-гигиенического мониторинга (СГМ), как системы выявления рисками здоровью и, на этой основе, координации межсекторальных действий в интересах профилактики болезней с учетом новых задач по реализации целевых показателей устойчивого развития.

Технологически модернизация предусматривает применение принципа анализа складывающейся социально-гигиенической ситуации по индикаторам управленческих решений с поэтапным внедрением современных технологий интегральных оценок уровня здоровья.

В настоящее время используются два блока индикаторов: для форматирования управленческих решений, направленных на улучшение здоровья населения на популяционном уровне, и для обоснования направленности мероприятий по формированию здорового образа жизни (ФЗОЖ).

Информация для управленческих решений по первому блоку формируется по целому ряду аналитических модулей, одним из которых являются индикаторы качества окружающей среды по гигиеническим и экологическим параметрам.

Данный модуль включает такие параметры, как качество питьевой воды, состояние водных объектов в местах водопользования населения, удельное водопотребление, оснащение систем питьевого водоснабжения сооружениями водоподготовки, валовый выброс загрязняющих веществ, индекс загрязнения атмосферного воздуха в городах и в сельской местности, загрязненность почв, объемы накопления опасных отходов, индекс использования производственных и коммунальных отходов и др.

Интегральные оценки уровня здоровья требуются для агрегирования многих элементов в единый показатель комплексной количественной оценки здоровья группы лиц или социальной общности территории.

Минздравом с 2018 года ведутся научные исследования в области эконометрических измерений уровня общественного здоровья на основе комплексной оценки состояния здоровья населения с применением методов дискретного пространственного моделирования ситуации на территории по социально-гигиеническим, социально-экономическим и экологическим показателям.

Применение индикаторов управленческих решений и методов для обоснования таких решений обеспечивают социально-гигиеническую паспортизацию административных территорий.

Такой подход повышает эффективность использования результатов СГМ в системе работы по достижению имеющих отношение к здоровью населения конкретных показателей ЦУР, позволяет системе здравоохранения в качестве организационной платформы для улучшения здоровья населения предлагать местным органам власти проекты планов действий по профилактике болезней для достижения устойчивого развития.

Подготовка таких планов закладывает реальные механизмы управления ответственностью субъектов социально-экономической деятельности за недопущение распространения болезней как важной составляющей для достижения устойчивости развития административной территории.

В настоящее время индикативный аппарат Минздрава для обеспечения мониторинга показателей ЦУР интегрирован с «Национальной платформой предоставления отчетности по Целям устойчивого развития Республики Беларусь» и адаптируется с создаваемой информационной системой электронного здравоохранения.

Эффективность профилактики болезней на территориях может быть значительно усилена при активизации взаимодействия органов здравоохранения с секторами, ответственными за природоохранную деятельность.

Значимость такого взаимодействия для формирования здоровья населения отражена в проекте Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021-2025 годы (далее – госпрограмма).

Для сопоставимости сводных целевых показателей с индикаторами достижения устойчивости развития в госпрограмму включен ряд показателей ЦУР экологической направленности: это 3.9.1. «Смертность от загрязнения воздуха в жилых помещениях и атмосферного воздуха» и 3.9.2. «Смертность от отсутствия безопасной воды, безопасной санитарии и гигиены (от отсутствия безопасных услуг в области водоснабжения, санитарии и гигиены (ВССГ) для всех)».

Однако потенциал повышения качества среды жизнедеятельности населения значительно может повыситься в рамках развития «зеленой» экономики. Мотивацией для взаимодействия медиков и экологов в

этом направлении могут стать положения подготовленной ПРООН в сотрудничестве с Правительством Республики Беларусь в 2017 году «Дорожной карты реализации ЦУР в Республике Беларусь» по результатам миссии MAPS. В этом документе продвижение к «зеленой» экономике призвано ускорить устойчивый рост, способствовать обеспечению достойной занятости населения и улучшение его общего благосостояния.

Одной из составляющей акселератора экологически ориентированной экономики является создание «зеленых» городов. Это движение имеет также целый ряд преимуществ и по медико-профилактическим аспектам, поскольку в его рамках поселение рассматривается как новый общественный ресурс, посвященный теме городской экологии, обладание которым дает возможность существенно расширить традиционные функции города, в том числе по охране здоровья населения.

В этой связи видится целесообразным интегрировать элементы «зеленого» города с реализацией проекта Всемирной организации здравоохранения по созданию «здоровых» городов, Миссией этого проекта является принятие на уровне местных органов власти таких управленческих решений, которые направлены на широкое привлечение всех общественных секторов к инновационной здравосозидательной деятельности и вовлечение населения в поддержку личного здоровья как важных элементов городской политики.

С этих позиций в «здоровом» городе инвестиции в профилактику болезней становятся экономически выгодными и являются важной частью эффективной социальной политики государства.

Советом Министров Республики Беларусь в 2019 году поддержана разработка и утверждение Государственного профилактического проекта «Здоровые города и поселки». В развитие этого проекта на основе анализа медико-демографической, социально-гигиенической и экологической ситуации облисполкомами и Минским горисполком разработаны территориальные планы мероприятий по максимальному вовлечению в его реализацию населенных пунктов на административных территориях.

Решениями районных исполнительных комитетов и советов депутатов утверждены соответствующие детализирующие планы, включающие вопросы «здорового» городского планирования, экологической безопасности, благоустройства, снижения распространенности поведенческих факторов риска, медико-профилактическую, спортивно-оздоровительную, информационно-образовательную и другую деятельность.

Для управления реализацией проекта созданы республиканская координационная группа управления и ее областные и районные отделения, Минздравом подготовлены рекомендации для органов государственного управления и самоуправления по вопросам продвижения проекта на уровне административно-территориальных единиц, разработан базовый перечень критериев эффективности его реализации, проводится организационная подготовка создания национальной сети «Здоровые города и поселки».

Таким образом, реализуемый в стране Государственный профилактический проект «Здоровые города и поселки» может стать организационной платформой для активизации сотрудничества Минздрава и Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минприроды) и обмена опытом с целью повышения социального эффекта местных инициатив по укреплению здоровья населения и оздоровления экологии в условиях урбанизированной среды жизнедеятельности.

Это обусловлено тем, что оба проекта:

посвящены теме актуализации на местном уровне мероприятий, учитывающих все аспекты территориального управления, таких как развитие экономики, планирование территорий, архитектура и строительство, промышленность, транспорт, энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство и др.;

создают условия для трансформации городской среды в площадку достижения синергия инноваций власти, бизнеса, медицинской и экологической общественности в интересах качества жизни населения;

способствуют тому, чтобы обеспечение в окружении населения здоровьесберегающей и экологически безопасной среды становилось источником прибыли для территории и создавало новые рабочие места, на что Главой государства нацеливаются органы государственного управления на местах;

дают возможность существенно расширить традиционные функции города, когда вопросы здоровья и экологии выходят на уровень государственного значения и привлекают внимание к ним населения как к гражданскому долгу современников;

поддерживают общественно- и духовно-устойчивое развитие человека путем укрепления и поддержания личного здоровья в его естественной связи с окружающей средой обитания.

Для реализации потенциала межведомственного информационного взаимодействия Минздравом в постановление от 17 июля 2012 года №105 «О социально-гигиеническом мониторинге» в декабре 2019 года внесены согласованные, в том числе, с Минприроды изменения, которые регулирует безвозмездный обмен информацией по вопросам ЦУР, имеющих отношение к здоровью населения.

Однако в последнее время Минздрав сталкивается с ситуацией, когда территориальные органы здравоохранения получают отказ от районных инспекций по охране окружающей среды в предоставлении безвозмездной экологической информации о концентрациях загрязнений атмосферного воздуха, водных объектов и почв по причине отнесения таковой к специализированной на основании статьи 1 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХП. (далее – закон).

Между тем, согласно закону, специализированной является такая экологическая информация, для предоставления которой требуется предварительная подготовка, включая сбор, обработку и анализ данной информации.

В тоже время, Минздравом запрашивается только первичная информация, «...формируемая в результате проведения измерений в области охраны окружающей среды...» (статья 74 закона), то есть без предварительной обработки и анализа.

В этом вопросе требуется устранением барьеров при взаимообмене экологической, гигиенической и медико-демографической информацией между Минздравом и Минприроды. Тем более, что итоговые документы первого Национального форума по устойчивому развитию ориентируют государственных органы на усиление партнерства по достижению показателей ЦУР, в том числе с учетом Цели 17 «Укрепление средств осуществления и активизации работы в рамках глобального партнерства в интересах устойчивого развития».

Таким образом, проводимый Минздравом социально-гигиенический мониторинг с применением индикаторов управленческих решений, учитывающих складывающуюся на территории социально-гигиеническую и экологическую ситуацию, и интегральных индексов уровня здоровья населения позволяет значительно повысить эффективность планирования мероприятий по профилактике болезней и достижения комфорта и безопасности окружающей среды для достижения в Республике Беларусь Целей устойчивого развития.

Эффективность достижения устойчивости в области здоровья населения значительно повысится при взаимодействии Минприроды и Минздрава в рамках движений «зеленых» и «здоровых» городов как площадки синергия инноваций власти, бизнеса, медицинской и экологической общественности в интересах повышения качества жизни населения.

Выражаю благодарность за приглашение на конференцию и поздравляю дорогой мне коллектив Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Бел НИЦ «Экология» с юбилеем!

ЛИТЕРАТУРА

1. Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года Генеральной Ассамблеи ООН - 25 сентября 2015 года (*резолюция №70/1*).
2. Стартовые позиции Беларуси по достижению Целей устойчивого развития. Сборник материалов проекта ПРООН «Поддержка деятельности Национального координатора по достижению Целей устойчивого развития и усиление роли Парламента в Республике Беларусь в достижении Целей устойчивого развития. – Минск: РИФТУР ПРИНТ, 2014. - 131 с.
3. План действий по профилактике и борьбе с неинфекционными заболеваниями в Европейском регионе ВОЗ Европейский региональный комитет ВОЗ EUR/RC66/11 Шестьдесят шестая сессия + EUR/RC66/Conf.Doc./7Копенгаген, Дания, 12–15 сентября 2016 г. 1 августа 2016 г.
4. Планы действий по защите здоровья населения от воздействия аномальной жары Publications WHO Regional Office for Europe Scherfigsvej 8 DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark с.66.
5. Ключенович В.И. Общественное здоровье: подходы к моделированию системы управления: монография /В.И. Ключенович/ – Минск: «Бел НИЦ «Экология», 2012. – 240 с.

КЛЮЧЕНОВИЧ Валерий Иосифович, заведующий отделением социально-гигиенического мониторинга ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», кандидат медицинских наук, доцент (*тел. моб. 8-029 -154-34-95; гор. 3-73-26-17*)

УДК 551.526.8

РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СТАРИЧНЫХ ОЗЕР БЕЛАРУСИ**RECREATIONAL POTENTIAL OF OXBOW LAKES IN BELARUS****А. Н. Глинская, Л. Н. Гертман****A. N. Glinskaya, L. N. Hertman***РУП «ЦНИИКИВР»**г. Минск, Республика Беларусь**aleksandra_h7@mail.ru, lubov.hertman@yandex.by**CRICUWR**Minsk, Republic of Belarus*

Самым распространенным типом озерных котловин в Беларуси являются старичные. Вопросу изучения старичных озер Беларуси уделено недостаточное внимание. Актуальным вопросом является исследование и вовлечение старичных озер в сферу экотуризма и рекреационной деятельности. Оценка экологического состояния старичных озер, их систематизация и классификация, оценка их рекреационного потенциала и разработка рекомендаций по развитию экотуризма на них позволит существенно увеличить объем предоставляемых услуг в области рекреационной деятельности, расширить его познавательные и оздоровительные ресурсы.

The most prevalent type of lake hollows in Belarus are oxbow lakes. Insufficient attention is paid to the issue of studying the oxbow lakes of Belarus. An urgent issue is the study and involvement of oxbow lakes in the field of ecotourism and recreation. The recreational potential is considered in relation to the basins of large rivers in Belarus. Assessment of the ecological state of oxbow lakes, their systematization and classification, assessment of recommendations for the development of ecotourism on them, to increase the volume of services provided in the field of recreational activities, to expand its cognitive and health-improving resources.

Ключевые слова: рекреационный потенциал, старичные озера, экотуризм.

Keywords: recreational potential, oxbow lakes, ecotourism.

В условиях современной геополитической и социально-экономической ситуации в Республике Беларусь, все более актуальное значение приобретает развитие внутреннего туризма. Возникает необходимость выявления и использования внутреннего потенциала страны для развития отдыха и туризма, ориентированного на внутренние рекреационные ресурсы. Это позволит по-новому оценить возможности использования компонентов природной среды при организации отдыха населения и развитии большого спектра различных видов туризма. Поверхностные воды как компонент ландшафта представляют особый интерес для развития отдыха и туризма на любой территории.

С точки зрения экономического использования водные рекреационные ресурсы могут быть вовлечены в процесс рекреационной деятельности различными способами, а именно: 1) как элемент аттрактивности, т.е. восприятие зрителями гидрологических объектов (речные пейзажи, экскурсионные водные объекты); 2) использоваться без прямого их расходования (например, речные купания); 3) непосредственно расходоваться (например, гидроминеральные ресурсы).

В целом по первым двум пунктам в Республике Беларусь развитие рекреационной деятельности на озерах имеет хороший потенциал для развития. В соответствии с природно-хозяйственной классификацией озерного фонда Беларуси в группу наиболее благоприятных для рекреационно-туристского использования входит более 80 озер различного типа [1]. В настоящее время традиционным местом рекреации на водоёмах с соответствующей инфраструктурой являются Браславские и Нарочанские озера, в также водоёмы в черте населенных пунктов. В большей степени это озера с котловинами ледникового происхождения. В то же время, самым распространенным типом озерных котловин в Беларуси являются старичные, которые остались на местах ранее существовавших русел рек. Старичные озера расположены в пойме, заполняются они весенними и дождевыми паводками, а в сухой летний период могут пересыхать [2]. В результате зарастания постепенно

переходят в болотистые понижения и сырой луг. Их насчитывается около 7000, включающих значительные запасы воды, однако, вопросу изучения старичных озер Беларуси уделено недостаточное внимание.

Актуальным вопросом является исследование и вовлечения старичных озер в сферу экотуризма и рекреационной деятельности.

Повсеместное расположение старичных озер делает их общедоступными для вовлечения в экономическую деятельность. В целом пойменные территории представлены редкими видами флоры и фауны, очень живописны и наряду с природоохранным значением имеют большую эстетическую ценность. Изученные пойменные озера характеризуются высоким уровнем естественности и служат убежищем для редких видов растений и животных. Все это говорит о возможности организации и развития здесь различных видов экологического туризма. Так как озера богаты рыбой, имеется возможность для развития рыбной ловли.

Как показывает практика, расположение водоемов в черте населенных пунктов по ряду причин ограничивает их использование в качестве объектов рекреации и, как следствие, возникает проблема неудовлетворенности спроса населения на отдых на водоемах (особенно в крупных населенных пунктах).

Широкое распространение старичных озер практически повсеместно в поймах больших и средних рек делает их наиболее привлекательными и доступными для рекреационной активности местного населения. Особо ценными являются старичные озера, тяготеющие к крупным населенным пунктам. Городские озера являются составной частью зеленой инфраструктуры города, которая высоко ценится гражданами за предоставляемые им возможности отдыха. С другой стороны, неконтролируемая растущая антропогенная нагрузка на озера и их водосбор, а также гидроморфологические особенности озер старичного типа могут привести к их быстрой трансформации, зачастую в сторону снижения рекреационной привлекательности [3].

Старичные озера расположены по территории страны неравномерно. Предлагается рассматривать их потенциал в привязке к бассейнам крупных рек Беларуси.

-бассейн реки Западная Двина.

Особенностью гидрологического режима бассейна является высокое весеннее половодье, низкая летняя межень с частыми дождевыми паводками и устойчивая зимняя межень. На период весеннего половодья приходится 56 % годового стока, на летне-весеннюю и зимнюю межень – 33 % и 11 % соответственно

В бассейне Западной Двины расположено довольно много озёр, около 84% объема озерной воды всей республики сосредоточено в бассейне р. Западная Двина и ее притоках, однако в большинстве ледникового происхождения.

Река Западная Двина с правого берега принимает воды р. Дрыса, бассейн которой отличается значительной лесистостью (60 %) и наличием множества озер, на которые приходится 5 % площади. Озера расположены преимущественно в верхней части водосбора и в верховьях притоков, нередко соединены между собой протоками. Старицы расположены ближе в нижнем течении реки.

Правый приток р. Западная Двина является р. Оболь. Водосбор расположен на юго-западных склонах Невельско-Городокских высот, лишь нижняя часть его вклинивается в Полоцкую низину. Рельеф средне- и мелкохолмистый, понижения заболочены или заняты озерами. В верхнем течении имеются, потенциальные для изучения старичные озера.

Река Лучоса вытекает из оз. Зеленское и впадает в р. Западную Двину. Русло реки неразветвленное, извилистое, местами зарастает, соответственно в верхнем течении реки образовано много стариц. Меандрирующие русла р. Эса, р. Улла и р. Полота также имеют множество стариц.

В целом бассейн реки Западная Двина имеет высокую озерность и потенциально может быть рассмотрен изучения старичных озер.

-бассейн реки Неман.

Водосбор реки Неман расположен в пределах Неманской низины и относится к Неманскому гидрологическому району. Водораздел хорошо выражен, имеет сложные очертания, в южной и восточной частях проходит по возвышенности Белорусской, а в северной – по Ошмянской грядам. Питание реки на 33 – 40 % состоит из талых вод, на 25 – 23 % – из дождевого стока и на 10 – 40 % – из подземных вод. Неман относится к рекам со значительным весенним половодьем во время интенсивного снеготаяния и низким стоком в остальное время год.

Озерность водосбора незначительная (менее 1 %). В верхнем течении реки Неман пойма широкая (2 – 4 км), изобилующая старицами, 12,4 % площади бассейна мелиорировано. В верхнем течении реки Неман пойма широкая (2 – 4 км), изобилующая старицами.

Река Березина – третий по величине водосборной площади и водности приток р. Неман. Значительных озер в бассейне нет (озерность <1 %), однако река имеет широкую пойму и на всем протяжении образовано множество стариц.

Русло реки Щара извилистое, кроме канализованных участков в верховье и перед впадением в нее р. Гривда, до впадения р. Ведьма. Озерность не превышает 1 %. Площади бассейна мелиорирована на 12,1 %. В верхнем течении водосбор мелиорирован, однако на всем протяжении реки имеется множество стариц.

Река Вилия характеризуется интенсивным весенним половодьем (на его долю приходится 45 % годового стока), низким стоянием воды в летнюю межень, которая нарушается ежегодно дождевыми

паводками, и устойчивой зимней меженью. Озера занимают 2 % площади, большей частью расположены по правобережью, 14 % площади бассейна мелиорировано [4].

В целом для бассейна р. Неман характерна густая речная сеть. Меандрирующие русла р. Зельвянка, р. Гавья, р. Свислочь, р. Молчадь, р. Дитва и р. Котра также имеют множество стариц.

-бассейн реки Днепр.

Водосбор неправильной формы сильно расширен в средней части и расположен в пределах Центрально-Березинской водно-ледниковой равнины, Оршано-Могилевского плато, которое к юго-востоку плавно переходит в обширную заболоченную низину Белорусского Полесья. Левобережье до г. Жлобина сильно расчленено долинами, оврагами, балками и приподнято относительно правобережья на 40 – 60 м. Русло извилистое, с плавными излучинами, изобилует перекатами и мелями.

Река Днепр характеризуется малой озерностью, менее 1 %, в большинстве своем это небольшие озера. Мелиорировано около 14 % площади бассейна. Ниже устья р. Друть берега Днепра начинают принимать полесский вид. В пойме увеличивается количество небольших озер-стариц.

Река Березина – один из основных притоков р. Днепр. Озерность водосбора около 1 %. Мелиорировано около 16 % площади бассейна. Река имеет высокую извилистость и широкую пойму с множеством старичных озер.

Водораздел р. Сож везде четко выражен, на севере и северо-западе он отделяет левобережные притоки р. Днепра, на востоке – правые притоки р. Десны. Русло извилистое, особенно крупный изгиб река образует у Славгорода, где на правобережье находится цепь конечных морен. Особенность режима реки – большие колебания в стоке. Мелиоративные преобразования составляет около 11 % всей площади водосбора. Пойма реки широкая с множеством заболоченных участков и стариц.

Водосбор р. Друть расположен в пределах восточной части Центрально-Березинской равнины. Болота, заболоченные земли и заболоченный лес занимают около 10% площади. Русло сильно извилистое, ниже впадения р. Вабич разветвлено на протоки и рукава множеством староречий, заливов и небольших озер. Мелкие, песчаные острова встречаются на всем протяжении.

В общем, бассейна Днепра имеет густую речную сеть, характеризующуюся преобладанием озер старичного типа.

-бассейн реки Припять.

Бассейн реки Припять в пределах страны занимает четвертую часть всей территории. Общая площадь осушенных земель в бассейне составляет 22 % от всей его территории.

Долина Припяти в верховье выражена слабо, в низовьях четче. Пойма развита на всем протяжении, выделяют две надпойменные террасы. Ширина поймы в верхнем течении 2 – 4 км и более, в отдельные годы затопляется на несколько месяцев. В низовьях ширина поймы достигает 10 – 15 км. Русло в верховье канализовано; ниже – извилистое, образует меандры, старицы, много протоков; есть песчаные острова. Питание реки смешанное, с преобладанием снегового. Для водного режима характерно длительное весеннее половодье: с первой декады марта, максимум в середине апреля, спад затягивается на 3 – 3,5 месяца. Летняя кратковременная межень прерывается дождевыми паводками и почти ежегодным осенним поднятием уровня воды. Пойма р. Припять широкая и сильно заболочена, с большим количеством стариц и проток.

Водосбор р. Ясельда расположен на северо-западе Полесья, охватывает водно-ледниковую равнину Загородья и окаймляющие ее заболоченные низины. Водораздел в условиях низкой и заболоченной местности выражен слабо, что приводит к переливу вод в соседние водосборы. Озер около 260 (1 %). Это в большинстве своем небольшие, зарастающие, нередко пойменные старичные водоемы, площадью зеркала в несколько десятков гектаров. Русло реки в верховье канализованно, на остальном протяжении свободно меандрирующее, извилистое.

Река Птичь – самый большой и многоводный левобережный приток р. Припять. Болота в основном низинные, распространены в средней и нижней частях водосбора. Озер мало (<1 %). В большинстве это небольшие, нередко старичные, мелкие, зарастающие водоемы. Русло сильно извилистое, часто засорено корчами, зарастает водной растительностью по всей ширине. Встречаются небольшие, низкие, затопляемые острова и осередки. Берега крутые и обрывистые, местами до 4 м, заросшие кустарником, реке – открытые.

Река Уборть – правый приток Припяти. Половодье начинается обычно в первой половине марта (наибольшая высота над межевым уровнем 4 м, средняя 1,8 – 2,7 м), заканчивается в середине мая. Устойчивая межа наступает в июле. Долина невыразительная, местами сливается с прилегающей местностью. Пойма двухсторонняя, чередуется по берегам, ее ширина от 0,1 – 0,2 км в верхнем течении до 1 – 5 км на остальном протяжении. Русло свободно меандрует, извилистое, в нижнем течении сильно извилистое, изредка встречаются низкие песчаные острова, его ширина 10 – 15 м, ближе к устью местами до 60 м.

В целом бассейн р. Припять имеет малую озерность, однако в бассейне образовалось много небольших озер речного происхождения, т.е. старичных озер.

-бассейн реки Западный Буг.

Водосбор р. Западный Буг в пределах Беларуси располагается на северо-западной оконечности Полесской низменности (Брестское Полесье), сливающейся с Прибугской равниной. Особенности рельефа и

геологического развития, недостаточная водопроницаемость верхнего слоя покровных пород, антропогенного воздействия определили современное состояние гидрографической сети Брестского Полесья.

Русло р. Западный Буг извилистое, шириной в верховье 5 – 10 м, ниже 50–75 м, на отдельных участках 200 – 300 м; в межень от 5 до 50 м. Наивысший уровень половодья по длине реки от 3 до 6 м. Отличительной чертой притоков Западного Буга является равнинность их водосбора и значительная (0,30 – 0,45 км/км²) густота русловой сети, обусловленная мелиоративными работами. Все они являются водоприемниками осушительных систем. Озерность территории не превышает 1%. Озера расположены преимущественно на юге. Значительная площадь бассейна (26%) в пределах Беларуси мелиорирована.

Река Мухавец – самый большой приток р. Западного Буга в Беларуси. Озерность не превышает 2 %. Значительная площадь бассейна (27 %) в пределах Беларуси мелиорирована. Потенциальные для изучения старицы расположены в нижнем течении реки.

Реки Лесная и Нарев также имеют небольшое количество стричных озер.

Исходя из вышеизложенной информации, областью значительного развития озер-стриц является Полесье. В основном озера данного типа расположены в бассейнах Днепра и Западного Буга. Не смотря на высокий уровень озерности на территории Поозерья, количество озер именно старичного типа – низкое.

В целом, благодаря своей пространственной отличимости от других типов озер, старичные представляют собой хороший объект изучения. Все старичные озера открыты для посещения и выполняют важную рекреационную функцию, хотя в большинстве из них отсутствуют постоянная рекреационная инфраструктура.

С другой стороны, рекреационное использование водоемов, как один из видов хозяйственной деятельности, может привести к неблагоприятным последствиям для водного объекта – экологическому риску и ухудшению экологического состояния (статуса) водоема. Превышение рекреационных нагрузок негативно сказывается на экологическом состоянии водных экосистем, что влияет на комфортность отдыха и снижает рекреационный потенциал территории. Расчет и нормирование рекреационных нагрузок на старичные водоемы должно быть основой для организации рекреационной деятельности на них, в первую очередь потому, что данные водоемы являются очень уязвимыми к внешнему воздействию.

Старичные озера эта область для активного развития экотуризма и рыболовства. Этому способствуют благоприятные природные условия и большое количество рек со старицами. Поймы рек отличаются живописными пейзажами, благоприятной экологией и биологическим разнообразием – все это хорошее подспорье для развития рекреации.

В связи с этим оценка экологического состояния старичных озер, их систематизация и классификация, оценка их рекреационного потенциала и разработка рекомендаций по развитию экотуризма на них позволит существенно увеличить объем предоставляемых услуг в области рекреационной деятельности, расширить его познавательные и оздоровительные ресурсы.

Для этих целей необходимо создание каталога старичных озер с необходимыми характеристиками и рекомендациями по ограничению и развитию видов экотуризма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ясовеев, М. Г. Природные факторы оздоровления: учеб. пособие / М. Г. Ясовеев, Ю. М. Досин – Мн.: Новое знание. – 89 с.
2. Якушко, О. Ф. Озероведение: География озер Беларуси / О. Ф. Якушко. – 2-е изд. – Мн.: Выш. школа, 1981. – 42 с.
3. Гертман, Л. Н. Проблема расчета норм допустимых рекреационных нагрузок в зонах отдыха на водоемах Беларуси / Л. Н. Гертман, П. П. Рутковский // Актуальные проблемы экологии [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 4–6 окт. 2017 г. / Гродн. гос. ун-т; ред. кол.: В. Н. Бурдь (отв. ред.), Г. Г. Юхневич, И. М. Колесник, О. М. Третьякова. – Электрон. текст. дан. (6,4 Мб). – Гродно: ЮрСаПринт, 2017. – с.182-184.
4. Калинин, М. Ю., Пахомов, А. В. Оценка состояния водных ресурсов бассейнов рек Западная Двина и Неман в Республике Беларусь / М. Ю. Калинин, А. В. Пахомов. – Минск: Белсэнс, 2008. – 60 с.

УДК 539.163

РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ**RADIOLOGICAL SAFETY IN AGRICULTURE****А.Г. Подоляк¹, А.Ф. Карпенко²****A.G. Podolyak¹, A.F. Karpenka²**

¹КУП «Гомельская ОПИСХ»,
²ГНУ «Институт радиобиологии»
г. Гомель, Республика Беларусь
kaf51@list.ru

¹Gomel Regional Research and Design Station of Chemicalization

²Institute of Radiobiology of the NAS of Belarus
Gomel, Belarus

Анализируются результаты мониторинга загрязнения сельскохозяйственных земель Гомельской области радионуклидами цезия-137 и стронция-90 в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС по состоянию на 1 января 2021 года. По результатам радиологического обследования, площадь сельскохозяйственных и естественных луговых земель Гомельской области, загрязненных ¹³⁷Cs с плотностью 1,0 и более Ки/км², составляет 511,6 тыс. га и ⁹⁰Sr с плотностью 0,15 и более Ки/км² – 277,9 тыс. га. Уточненные данные обследованных земель в виде картограмм плотности загрязнения и экспликаций площадей по районам в разрезе хозяйств используются для планирования и проведения защитных мероприятий для получения растениеводческой продукции в пределах РДУ Департаментом по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, Министерством сельского хозяйства и продовольствия, Комитетом по сельскому хозяйству и продовольствию Гомельского облисполкома.

The paper analyzes the monitoring data as of January 1st, 2021, we have obtained from examining agricultural lands in the Gomel region where soils are contaminated by cesium-137 and strontium-90 due to the Chernobyl nuclear accident of 1986. These most recent radiological monitoring results show that 511.6 thousand hectares of the local arable and natural farmland is contaminated by ¹³⁷Cs above 1.0 Ci/km² and 277.9 thousand hectares of lands is contaminated by ⁹⁰Sr above 0.15 Ci/km². Based on the updated deposition densities of agricultural lands, new map charts were created with a breakdown of the whole inspected area in terms of Gomel-region districts and individual kolkhozes or farms. Updated map charts of soil contamination is an essential land management tool, which is used by the Department on Overcoming the Chernobyl NPP Disaster Consequences, Ministry of Agriculture and Food, Gomel Regional Executive Committee for the planning of proper agricultural protective measures to be taken in a each particular area in order to guarantee safe and good quality crop production in line with the Republican Permissible Levels 99 – the national radiological food safety standards.

Ключевые слова: мониторинг, почвы, цезий-137, стронций-90, ЧАЭС.

Keywords: monitoring, soils, cesium-137, strontium-90, ChNPP.

В Беларуси на постоянной основе организована и проводится система наблюдений за использованием почв и состоянием земельного фонда, в том числе земель, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения. К задачам мониторинга относится своевременное выявление изменений почв, определение их состояния, а также выработке мер по предупреждению и устранению последствий негативных воздействий [1, 2]. Проведение мониторинга состояния сельскохозяйственных земель, в том числе и радиологического, в республике возложено на областные проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства. Так, ежегодная исследовательская и производственная деятельность коммунального унитарного предприятия Гомельская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) направлена на дальнейшее повышение эффективности агрохимического и

радиологического обследования сельскохозяйственных предприятий, разработку необходимой проектно-сметной документации, нацеленной на повышение плодородия почвы, обследование и картирование загрязненных угодий в хозяйствах области.

Цель работы заключалась в анализе и оценке результатов радиологических исследований, проводимых Гомельской ОПИСХ.

Исследовательская работа Гомельской ОПИСХ строится в соответствии с утверждаемой программой работы на предстоящий год. Ежегодно станцией проводятся исследования сельскохозяйственных земель ряда районов Гомельской области на содержание радиоактивных веществ в почве с последующим картированием обследованных угодий. Одним из основных направлений деятельности является радиологическое обследование сельскохозяйственных земель загрязненных районов для определения плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr , а также контроль качества растениеводческой продукции на содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr [3].

Агрохимическое и радиологическое обследования земель организуются в соответствии с методическими указаниями: «Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» и другими нормативными документами [4, 5]. Одновременно методическое руководство организацией работ осуществляет РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси».

Так, в 2020 году совместное агрохимическое и радиологическое обследование сельскохозяйственных земель проводилось в Добрушском, Речицком, Светлогорском, Ельском и Лельчицком районах Гомельской области.

Отделом радиологии и контроля за содержанием остаточных количеств средств химизации проведены работы по определению плотности загрязнения ^{90}Sr Хойникского, Брагинского, Калинковичского и Наровлянского районов 2019 года обследования. Отчет о выполненных объемах работ по радиологическому обследованию земель в 2020 году представлен в таблице.

Таблица

Радиологическое обследованию земель по районам Гомельской области в 2020 году

Район	Площадь, га			Отобрано проб почвы, шт.			Анализ на содержание, шт.	
	Всего	Из них земель		Всего проб	на сельскохозяйственных землях	на естеств. землях	^{137}Cs	^{90}Sr
		сельскохозяйственных	естествен. луговых					
Хойникский								484
Брагинский								1636
Калинковичский								2503
Наровлянский								1073
Добрушский	25347	22590	2757	3022	2565	457	3022	917
Речицкий	53481	51577	1904	6038	5746	292	6038	70
Светлогорский	1383	1284	99	42	23	19	42	
Ельский	35332	34851	481	3951	3869	82	3951	
Лельчицкий	14841	14647	194	1667	1636	31	1667	
ВСЕГО	130384	124929	5435	14720	13839	881	14720	6683

В 2020 году, при радиологическом обследовании загрязненных радионуклидами земель сельскохозяйственных организаций вышеперечисленных районов, отбор проб почвы был произведен с площади 130384 га. Из них 124949 га приходится на пашню, сады, улучшенные луговые земли, 5435 га – на естественные луговые земли. При проведении работ на обследованной площади удалось отобрать 14720 проб, из которых в радиохимической лаборатории проанализировано на содержание ^{137}Cs 14720 пробы, на содержание ^{90}Sr – 6683 пробы почвы.

После выполнения лабораторных работ, уточненные данные обследованных земель по плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr , были представлены в виде картограмм плотности загрязнения и экспликаций площадей по районам в разрезе хозяйств и в целом по области. Затем подготовленные и растражированные экспликации выданы по назначению для проведения защитных мероприятий в Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, в Министерство сельского хозяйства и продовольствия Беларуси, управление интенсификации растениеводства Комитета по сельскому хозяйству и продовольствию

Гомельского облисполкома, отдел проектно-сметной документации и в районы области (агрохимические отделы ОПИСХ). Картограммы плотности загрязнения земель, после их согласования в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси, в Минсельхозпроде (сектор сельхозрадиологии и охраны окружающей среды), в Государственном учреждении «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды», были выданы в хозяйства и агрохимические отделы районов.

По результатам радиологического обследования установлено, что в настоящее время в Гомельской области площадь сельскохозяйственных пахотных и естественных луговых земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1,0 и более Ки/км², составляет 511,6 тыс. га, ^{90}Sr с плотностью 0,15 и более Ки/км² – 277,9 тыс. га.

Согласно экспликации площадей, в Октябрьском и Петриковском районах плотность загрязнения почв ^{137}Cs не превышает 1,0 Ки/км², в Мозырском районе плотность загрязнения ^{137}Cs – от менее 1,0 Ки/км² до 4,9 Ки/км². В Гомельском, Житковичском, Жлобинском, Калинковичском, Лельчицком, Речицком и Светлогорском районах плотность загрязнения цезием-137 составляет от менее 1,0 Ки/км² до 9,9 Ки/км², в Рогачевском районе от менее 1,0 Ки/км² до 14,9 Ки/км², в Ельском, Наровлянском, Хойникском и Лоевском районах от менее 1,0 Ки/км² до 29,9 Ки/км², в остальных районах плотность загрязнения находится в пределах от менее 1,0 Ки/км² до 39,9 Ки/км², кроме Кормянского, где она установлена от 1,0 до 29,9 Ки/км² и Чечерского районов – от 1,0 до 39,9 Ки/км², то есть все сельскохозяйственные земли двух последних районов загрязнены ^{137}Cs .

Земли с плотностью загрязнения ^{137}Cs 30 – 39,9 Ки/км² (всего 81 га) имеются в Брагинском районе, с такой же плотностью загрязнения установлены в Буда-Кошелевском, Ветковском, Добрушском и Чечерском районах 4 га, 7 га, 48 га и 56 га соответственно таких земель.

Загрязнение территории области ^{90}Sr носит более локальный характер. В Житковичском, Октябрьском, Петриковском и Светлогорском районах земли всех хозяйств по плотности загрязнения не превышают 0,15 Ки/км². В Жлобинском, Кормяском, Лельчицком, Мозырском и Рогачевском районах плотность загрязнения стронцием-90 составляет от менее 0,15 Ки/км² до 0,30 Ки/км², в Ельском и Гомельском районах от менее 0,15 Ки/км² до 0,50 Ки/км², в остальных районах области плотности загрязнения колеблется от менее 0,15 Ки/км² до 1,00 Ки/км². На территории Брагинского, Добрушского и Хойникского районов имеются земли с плотностью загрязнения стронцием-90 от 1,01 Ки/км² до 2,00 Ки/км² (10435 га), выше 2,01 Ки/км² в Брагинском и Хойникском районах (330 га). С целью обеспечения радиологической безопасности в земледелии работы по изучению радиоактивного загрязнению сельскохозяйственных земель продолжаются и в настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. // Экономический бюллетень НИЭИ. – 2015. – № 4. – С. 6–99.
2. Подоляк, А.Г. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях: монография / А.Г. Подоляк, В.В. Валетов, А.Ф. Карпенко. – Мозырь, МГПУ им. И.П. Шамякина, 2017. – 242 с.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. – Минск: Институт радиологии, 2012. – 121 с.
5. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И.М. Богдевич [и др.] под ред. И.М. Богдевича. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.
6. Инструкция по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь. – Минск, 1997. – 26 с.

УДК 630*585; 528.85

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ МИНСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

RESEARCH OF GREEN SPACES IN MINSK USING AEROSPACE METHODS

М. Л. Романова, А. Р. Понтус, С. В. Зенькович, М. М. Максимов

M. L. Romanova, A. R. Pontus, S. V. Zenkovich, M. M. Maksimov

*Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной
ботаники» Национальной академии наук Беларуси
Минск, Беларусь
Ajuga2018@mail.ru*

*State Scientific Institution "Institute of Experimental
Botany" of the National Academy of Sciences of Belarus"
Minsk, Belarus*

Сейчас в растительном покрове урбанизированных территорий происходят, в основном, сложные и неоднозначные изменения. Сложность заключается в многофакторности и скорости прохождения процессов. Поэтому использование аэрокосмических методов исследования на урбанизированных территориях позволяет зафиксировать, учесть и оценить эти изменения, и способствовать качественному распределению объектов растительного мира для комфортного проживания.

Currently, the vegetation cover of urbanized territories is undergoing mainly complex and ambiguous changes. The complexity lies in the multi-factor nature and speed of the processes. Therefore, the use of aerospace research methods in urbanized areas allows you to record, take into account and evaluate these changes, and contribute to the qualitative distribution of objects of the plant world for a comfortable stay.

Ключевые слова: тестовые полигоны, индексы: NDVI, GNDVI, MSAVI, SIPI. заболевания деревьев, фотосинтетические пигменты, дехромация, классификатор, спектральные характеристики.

Keywords: test polygons, indexes: NDVI, GNDVI, MSAVI, SIPI. tree diseases, photosynthetic pigments, degree of dechromation, classifier, spectral characteristics.

В пяти экологических зонах Минска были выбраны наземные тестовые полигоны (ТП), они являются точками сборки наземных и спутниковых данных о состоянии зеленых насаждений, что необходимо для решения задач их последующей автоматической инвентаризации и классификации.

Как жители, так и специалисты сходятся в том, что количество зеленых насаждений в Минске сокращается, а их качество ухудшается. Конструктивным подходом к проблеме будет разработка тематического классификатора учета и оценки качества зеленых насаждений города Минска и прилегающих территорий. Построенный с применением различных спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), такой классификатор позволит, ориентируясь, по спектральным характеристикам объектов, определять состояние зеленых насаждений, выделяя территории, находящиеся в неудовлетворительном, удовлетворительном и хорошем состоянии.

Для исследований использовались снимки спутников БКА и Sentinel-2. Критерием отбора снимков являлась минимальная облачность (без дымки и облаков) и достаточный для оценки зеленых насаждений период активной вегетации. Из имеющихся материалов, были выбраны наиболее качественные снимки, где сезонная динамика хорошо просматривалась и даты съемки приближены к одинаковым вегетационным фазам за последние 3 года.

В процессе обработки данных ДЗЗ рассчитывались следующие индексы: NDVI, GNDVI, MSAVI, SIPI. Полученные индексы были привязаны к наземным тестовым полигонам. По архитектурно-планировочным

данным УП «Минскград» выполнена геопривязка по «твердым контурам и объективным узлам местности» генерального плана г. Минска, местоположения ландшафтно-рекреационных территорий, качественная оценка состояния окружающей среды, сведений об обеспеченности населения рекреационными территориями, схемы улично-дорожной сети из открытых источников (OpenStreetMap, GIS.Lab, и других). Оценка состояния окружающей среды проводилась по следующим зонам в категориях: благоприятная, относительно благоприятная, относительно неблагоприятная, неблагоприятная и наиболее неблагоприятная. Затем все полученные показатели по индексам укладывались в 3 категории; по качеству зеленых насаждений: хорошие, удовлетворительные и неудовлетворительные.

Для оценки состояния озеленения в этих зонах проводились подспутниковые – наземные исследования зеленых насаждений на 12 тестовых полигонах в жилых кварталах (для репрезентативного исследования взяты круговые площадки, радиусом 500 м (оптические эталоны сравнения (ОЭС)) и все озелененные площади в выбранных 8 парках. В благоприятной зоне находится дендропарк «Медвежино», в относительно благоприятной парк «Курасовщина», Киевский сквер и Ботанический сад, относительно неблагоприятная представлена Кальварийским кладбищем, в неблагоприятной зоне находится Парк имени Янки Купалы и Еврейский мемориальный парк, в наиболее неблагоприятной – Парк имени 50-летия Октября. В 12-ти жилых кварталах, также находящихся во всех экологических зонах города, главным условием выбора было наличие в жилых кварталах необходимой площади, покрытой зелеными насаждениями.

На всех 20 тестовых полигонах определялся видовой состав, возраст, высота, диаметр древостоя, отбирались пробы растительного материала (образцы листьев и иглицы) для каждого доминантного вида в нескольких повторностях с разных деревьев (от 5 до 10 деревьев) для получения средневзвешенного образца. Объектами исследований были растения в возрасте 30 – 90 лет. Учитывались: 1. Социальный статус деревьев по показателям класса Крафта; 2. Степень затенения крон; 3. Степень дефолиации; 4. Степень дехромации крон; 5. Степень распространенности заболеваний; 6. Поврежденность деревьев. На деревьях выделяют четыре важные части: а) листья и хвоя; б) ветви, побеги, почки; в) ствол; г) корни и шейка дерева. В каждой части дерева можно наблюдать воздействие насекомых, грибов, условий погоды и других факторов. Их воздействие может носить совершенно безвредный характер, а может иметь большие последствия, вплоть до гибели дерева.

Таким образом, оценивалось влияние среды на состояние основных видов городских деревьев. Так, ранний отпад листвы наблюдается после появления некрозов и хлорозов. Заболевания деревьев вызваны загрязнением субстрата и воздуха, минирующей молью и фитопатогенными микромицетами. Из-за интенсивной обрезки ветвей развиваются стволовые гнили. Деревья (в основном, каштаны), произрастающие у проезжей части дороги с интенсивным движением испытывают постоянный стресс, что приводит к их быстрой гибели. Деревья внутриквартального озеленения относятся к ослабленным, а вблизи больших улиц сильно ослабленным.

По нашим наблюдениям, в составе древесной растительности Минска доминируют всего 6 – 7 видов растений из 11 видов распространенных в озеленении. Всего было зафиксировано 30 видов.

В лабораторных условиях в отобранных образцах листьев были определены показатели, характеризующие устойчивость и физиологическое состояние растительных организмов по содержанию фотосинтетических пигментов.

Известно, что одним из показателей реакции растений на изменение факторов внешней среды, степени их адаптации к стрессовым ситуациям, повреждениям болезнями и вредителями является содержание хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки.

Основным из фотосинтетических пигментов растений является хлорофилл *a*. Молекула хлорофилла в хлоропластах листа растения выполняет три важнейшие функции: избирательно поглощает энергию света; запасает ее в виде энергии электронного возбуждения и фотохимически преобразовывает ее в химическую энергию первичных фотовосстановленных и фотоокисленных соединений [1]. Изменения растений в ходе онтогенеза, старения, а также при действии на них неблагоприятных и повреждающих факторов среды (токсические вещества, загрязнители атмосферы, заболевания) сопровождаются изменениями не только содержания, но и соотношения пигментов. При уменьшении содержания хлорофилла *a* в зеленых листьях растений происходит увеличение доли вспомогательных пигментов – хлорофилла *b* и/или каротиноидов, выполняющих функции дополнительных и защитных пигментов, что рассматривается как адаптивная реакция ассимиляционного аппарата растений на любой стресс [2].

Проведя корреляционный анализ данных лабораторных исследований и ДЗЗ, было установлено, что коэффициент корреляции Пирсона для индекса NDVI и содержания хлорофилла в кронах пород представленных на ТП, составил 84,52 %, а коэффициент детерминации – 71,43 %.

Для индекса SIPI и содержания каротиноидов в кронах пород, он составил 86,05 %, а коэффициент детерминации – 74,05 %, соответственно. Полученные цифры свидетельствуют о наличии достаточно тесной связи между данными космических и наземных исследований.

Также выявлены достаточно тесные корреляционные связи между содержанием хлорофилла и индексом SIPI.

В ходе исследований установлено, что имеется четкая прямопропорциональная зависимость между величиной индексов NDVI, SIPI и степенью дехромации кроны из-за пораженности листьев фитопигментными грибами и листогрызущими насекомыми.

К наиболее пораженным породам относятся каштаны (степень поражения 95 %), также поражены практически все виды тополей (степень поражения 75 %), все виды липы (степень поражения 50 %) и дуба (40 %). Менее поражены клен, береза, ясень и хвойные. На ТП, где большой процент этих пород, индексы всегда ниже, чем на несильно затронутых вредителями.

Разработка программно-информационного комплекса учета и оценки эколого-функционального состояния зеленых насаждений (ПК ОСЗН) городских и пригородных территорий на основе материалов космической съёмки и наземных исследований является актуальной задачей, так как состояние насаждений Минска и прилегающих территорий требует постоянного контроля. В результате выполнения комплекса наземных (эталонных) исследований по валидации данных, полученных по материалам тематической обработки многозональных данных ДЗЗ на сети оптических эталонов сравнения (ОЭС) были выделены зоны с неудовлетворительным, удовлетворительным и хорошим состоянием растительности. В ходе исследований установлено, что имеется четкая прямопропорциональная зависимость между величиной вегетационных индексов NDVI, SIPI, и степенью дехромации кроны из-за пораженности листьев фитопигментными грибами и листогрызущими насекомыми, что отражается на состоянии паренхимы листа - внутренней хлорофиллоносной ткани, выполняющей основную функцию – фотосинтез.

На ОЭС, где большой процент дехромированного древостоя, индексы всегда ниже, чем на ОЭС, где больше древостоя не сильно затронутого вредителями. По данным ДЗЗ, отражающим текущее состояние зеленых насаждений в жилых кварталах, выделены районы с неблагоприятным состоянием: микрорайоны «Кунцевщина», «Тракторный завод» и улицы Чкалова. В хорошем состоянии – только микрорайон «Зеленый луг» ул. Карбышева. Остальные ОЭС находятся в удовлетворительном состоянии.

В парках состояние древесной растительности характеризуется как удовлетворительное и хорошее. Таким образом, данные, полученные со спутников репрезентативны для использования в экологической оценке состояния зеленых насаждений.

Количество здоровых растений (не поврежденных вредителями и болезнями) в насаждениях Минска с разнообразным составом древостоя колеблется от 25 до 60 %. Ослабленные растения менее устойчивы к болезням и вредителям, поэтому распространенность болезней растений в городе также имеет тенденцию к увеличению. Мировой опыт показывает, что средний срок “работы” древесных растений в неудовлетворенных условиях составляет 20 – 25 лет. По результатам наземных исследований на всех ОЭС наблюдается критическое положение в насаждениях каштана, пораженных пулевой молью – 95 % деревьев неизлечимо больны, также под угрозой находятся насаждения тополя и частично липы. В хорошем и удовлетворительном состоянии находятся деревья клена остролистного, ясеня обыкновенного, березы повислой, ивы белой. Также в хорошем состоянии находятся некоторые интродуценты: акация белая, сумах оленерогий, ель колючая. Насаждения сосны в Минском лесхозе и Боровлянском спецлесхозе находятся в удовлетворительном состоянии.

Разработанный ПК ОСЗН осуществляет предварительную обработку данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ); автоматизированное выделение и классификацию типов растительного покрова; формирование базы эталонов; формирование тематических слоев растительного покрова зеленых зон, отражающих его эколого-функциональное состояние; редактирование векторных объектов тематических слоев; формирование тематических карт; геопространственный анализ и решение расчетно-аналитических задач; производит загрузку (выгрузку) векторных данных в заданном формате.

Таким образом, данные, полученные со спутников репрезентативны для использования в экологической оценке состояния зеленых насаждений в категориях: хорошие удовлетворительные и неудовлетворительные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова, Л. М. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде / Л. М. Павлова, И. М. Котельникова, Н. Г. Куимова, Н. Ю. Леусова, Л. П. Шумилова // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 2. – С. 11–19.
2. Schafer F.Q., Buetter G.R. Redox environment of the cell as viewed through the redox state of the glutathione disulfide/glutathione couple // Free radical biology and medicine. 2001. V. 30. № 11 P. 119–1212.

УДК 91:504; 910.1

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ
МАЛЫХ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ПИНА)**

**METHODOLOGY FOR ASSESSING ANTHROPOGENIC
CONVERSION OF SMALL RIVERS OF THE BELARUSIAN POLES'YA
(ON THE EXAMPLE OF THE PINA RIVER)**

И. В. Окоронко

I. V. Akaronka

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина
г. Брест, Республика Беларусь
okoronko2007@ya.ru*

*Brest State University named after A.S. Pushkin
Brest, Republic of Belarus*

Представлена методика геоэкологического анализа антропогенных нагрузок на водосборы малых рек и комплексная оценка экологического состояния бассейнов рек Белорусского Полесья (на примере р. Пина) с применением ГИС-технологий. Река Пина является уникальным объектом для геоэкологического исследования. Расположена в границах Белорусского Полесья и, среди большинства других малых рек Беларуси характеризуется наименьшей антропогенной преобразованностью. В работе рассматриваются методические аспекты исследования геоэкологического состояния частных водосборов посредством оценки различных показателей природной защищенности территории и факторов антропогенной нагрузки.

The technique of geoeological analysis of anthropogenic loads on the catchments of small rivers and a comprehensive assessment of the ecological state of the river basins of the Belarusian Polesye (by the example of the Pina river) using GIS technologies are presented. The Pina River is a unique object for geoeological research. It is located within the boundaries of the Belarusian Polesye and, among most other small rivers in Belarus, is characterized by the least anthropogenic transformation. The paper considers the methodological aspects of the study of the geoeological state of private catchments by assessing various indicators of the natural protection of the territory and factors of anthropogenic load.

Ключевые слова: эколого-гидрографические исследования, гидрографическая сеть, речные бассейны, водосборы малых рек, атрибутивные показатели, природные средообразующие факторы, факторы антропогенной нагрузки, геоэкологическая ситуация.

Keywords: ecological and hydrographic studies, hydrographic network, river basins, catchments of small rivers, attributive indicators, natural environment-forming factors, factors of anthropogenic load, geoeological situation.

В результате интенсивного освоения территории Белорусского Полесья происходит усиление антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, что приводит к ухудшению качественного состояния поверхностных вод. Оценка природного потенциала водных ресурсов, факторов формирования их экологического состояния, поиск алгоритмов оптимизации рационального водопользования с применением современных методов ГИС - технологий обуславливает актуальность темы исследования. В последние годы большое внимание уделяется экологическим проблемам водосборов малых рек, которые существенно трансформируются в результате техногенного воздействия на природную среду. Главным условием нормального функционирования любой речной экосистемы является не только достаточность, но и надлежащее качество ее воды. Река Пина – типичная река Белорусского Полесья. Она является не только

водной артерией данного региона, но и важным фактором социально-экономического развития Брестской области.

ГИС-технологии позволяют научно-обоснованно организовать геоэкологический мониторинг в пределах малых речных бассейнов, сходных или различных по ландшафтными особенностям и гидрологическому режиму, в целях регламентации техногенной нагрузки. На основе использования ГИС в картографии развилось отдельное направление – «геоинформационное картографирование». Взаимодействие геоинформатики и картографии стало основой для формирования нового направления – геоинформационного картографирования, суть которого составляет автоматизированное информационно-картографическое моделирование природных и социально-экономических геосистем на основе ГИС и баз знаний.

Река Пина – левый приток Припяти. Длина реки составляет 40 км, ширина русла 35 – 55 метров, площадь водосборного бассейна составляет чуть более 2 тыс. км². Исток реки находится южнее д. Переруб Ивановского района, однако некоторые исследователи считают, что исток реки расположен южнее д. Дубое Пинского района. Река является частью Днепроовско-Бугского канала. Берега низкие, частично заболоченные. Русло реки претерпело значительные изменения во время строительства и реконструкции Днепроовско-Бугского канала. Основными притоками являются кан. Завышанский, р. Ленушка и р. Нивка (правые), р. Неслуха, Филипповка, Струга, Саморувка и Ляховичский канал (левые). Река Пина протекает по территории Дрогичинского, Ивановского и Пинского районов Брестской области. Бассейн расположен в пределах Полесской низменности. Река Неслуха берет начало у д. Дроботы Дрогичинского района, длина ее составляет 52 км., и протекает по территории Дрогичинского и Ивановского р-в. У западной границы д. Рудск Ивановского района в реку Неслуха впадает р. Саморувка. Ее длина составляет 29 км. Исток реки Филипповка расположен севернее д. Якша Ивановского района, протяженность – 29 км. Недалеко от д. Бродница Ивановского района в нее впадает река Струга, имеющая длину 17 км. Река Нивка берет начало южнее д. Власовцы Ивановского района, протяженность составляет 15 км. Возле д. Хомичево в нее впадает р. Ленушка. С 1775 по 1783 годы велось строительство Днепроовско - Бугского канала, в связи с чем и территория бассейна р. Пина претерпела значительные антропогенные изменения. Протяжённость Днепроовско - Бугского канала в пределах водосбора составляет около 70 км. С момента постройки Днепроовско - Бугской водной системы река активно использовалась для судоходства, в г. Пинске построен порт. В послевоенные годы на территории Белорусского Полесья были развернуты активные мелиоративные мероприятия, в результате чего было построена сеть мелиоративных систем и частично канализованы русла естественных водотоков. Так, на исследуемой территории появились Ляховичский канал (Дрогичинского р-н., длина 40 км.), Завышанский (Ивановский и Пинский р-ны., длина 20 км.), Окунинский (Ивановский р-н., длина 25 км) и Одрижинский (Ивановский р-н, длина 14 км.) каналы [1].

Основу методики составляет построение матрицы антропогенных нагрузок на водосборы малых рек по преобладающим источникам загрязнения и степени экологической опасности. Сущность методики геоэкологического анализа антропогенных воздействий на водосборы малых рек и водных объектов представляет собой определенную последовательность проведения следующих исследований [2; 3]. Методика, представленная в данной работе, апробирована нами при оценке антропогенной нагрузки на малые водосборы р. Пина [4] и р. Лесная [5].

1. Выбор операционной типологической единицы рассматривания (элементарный водосбор, бассейн малой реки и др.). Посредством геоинформационного картирования было выделено семь малых водосборов (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1

Структуры гидрографической сети и бассейнового строения р. Пина

Название малого водосбора (МВ)	Индекс	Площадь, км ²	Площадь, % от района
МВ Днепроовско-Бугского канала до впадения р. Нивка	П 1	645,0	32,1
МВ р. Неслуха	П 2	398,3	19,8
МВ р. Нивка	П 3	184,5	9,2
МВ р. Филипповка	П 4	155,4	7,7
МВ кан. Завышанский	П 5	210,0	10,5
МВ р. Пина от впадения р. Филипповка до впадения в р. Припять	П 6	178,8	8,9
МВ р. Пина от впадения Завышанского канала до впадения в р. Припять	П 7	237,5	11,8

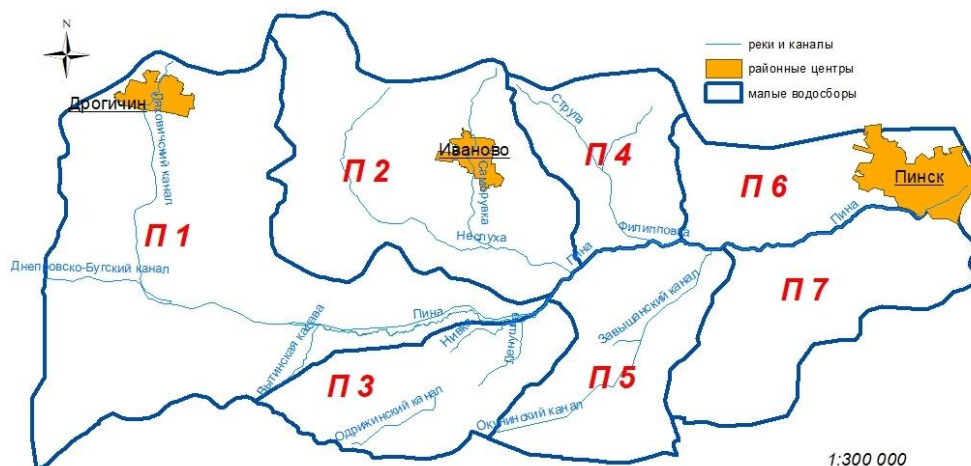


Рис. 1. – Малые водосборы р. Пина

2. Выявление основных природных средообразующих факторов и их количественная характеристика. Для каждого частного водосбора проводилась оценка природного фактора, способного в определенной мере компенсировать антропогенные воздействия. Таким образом проанализированы следующие показатели: густота русловой сети, озерность, лесистость, болотистость, доля территорий под водными объектами, а также доля охраняемых территорий.

3. Выявление основных факторов антропогенной нагрузки и оценка их количественных характеристик. Оценка антропогенных факторов производилась по следующим показателям: доля городских территорий, доля территорий сельских населенных пунктов, численность населения, плотность населения, распаханность территории, густота автомобильных дорог, количество внесенных минеральных и органических удобрений и количество крупного рогатого скота. Влияние сельского хозяйства оценивалось по животноводческой отрасли и растениеводству, оказывающих наибольшее негативное влияние на водные ресурсы и окружающую среду в целом. Антропогенная нагрузка от животноводства на выделенные водосборные территории оценивалась по объему твердых и жидких отходов и содержащемуся в них количеству действующего вещества.

4. Картографирование выявленных природных и антропогенных факторов для выбранных типологических единиц рассмотрения. Необходимый материал был получен путем обработки картографических и справочных материалов. Все расчеты и картосхемы проводились с использованием приложения ArcGIS 10.3, позволяющего создавать различные электронные карты, проводить расчеты и моделирование. Базовыми для ее создания является карта OpenStreetMap с нанесенным на нее функциональным зонированием и разновременные топографические карты. Информация по различным показателям получена в результате дешифрирования и оцифровки карт OpenStreetMap высокого разрешения. При этом каждому идентифицированному участку соответствует атрибутивная таблица, содержащая информацию о количественных и качественных характеристиках по изучаемым показателям. Картографическая база данных охватывает географический блок, который включает тематические карты и оценочный блок, содержащий синтетические карты. Исходная база данных формировалась по справочным материалам землеустроительных служб, отчетов статистического комитета, сельских исполнительных комитетов, а также комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского исполнительного комитета. Часть данных было получено с помощью созданной геоинформационной системы путём пересечения различных тематических карт.

5. Составление матрицы характеристик природных факторов и антропогенной нагрузки в балльных показателях. Для оценки была использована трёхбалльная оценочная шкала с дополнительным баллом при отсутствии данного показателя в пределах водосбора. Для расчёта комплексных показателей положительной и отрицательной составляющих оценки использовался метод сложения соответствующих балльных значений показателей и последующего трёхуровневого равно-интервального ранжирования их суммы.

6. Районирование рассматриваемой территории по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени экологической опасности.

Полученные в ходе исследования данные будут использованы для дальнейших исследований, а также в планировании территории и землеустройстве. Для органов различного уровня управления практическая значимость исследования выражается в рекомендациях по интенсивности использования земель, выбору оптимального направления дальнейшего развития, ориентированного на сбалансированное экологически безопасное землепользование и устойчивое развитие территории. Предложения по совершенствованию региональной системы управления природопользованием и природоохранной деятельностью будут полезны для районных инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды, для работников

землеустроительных служб, сельскохозяйственным предприятиям. Результаты исследований могут быть также использованы в учебном процессе при подготовке студентов географов, геоэкологов и экологов высших учебных заведений Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2002. – 440 с.
2. Ясинский, С. В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек // Известия АН. Сер. географическая. – 2000. – №4. – С. 74–82. Агрландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы// Под ред. В.А.Николаева. М. : Изд-во МГУ, 1992. – 120 с.
3. Мухина, Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. – М.: Наука, 1973. – 96 с.
4. Окоронко, И. В. Оценка антропогенной нагрузки на р. Пина с применением ГИС-технологий / И. В. Окоронко // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта, сер. 5 Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – Брест, 2020. – № 1. – С. 112–122.
5. Волчек, А. А. Оценка антропогенной преобразованности водосборов малой реки (например реки Лесной) / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Земля Беларуси. – 2021. – № 1. – С. 51 – 59.

УДК 630*61

**МОДЕЛЬНЫЕ ЛЕСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ КАК АНАЛИЗ
УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛАНДШАФТАМИ****MODEL FORESTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS AS AN ANALYSIS
OF SUSTAINABLE LANDSCAPE MANAGEMENT****В. П. Зорин¹, В. В. Сарнацкий², Н. П. Демид¹, М. В. Балакир¹, П. В. Севрук¹****V. P. Zorin¹, V. V. Sarnatskij², N. P. Demid¹, M. V. Balakir¹, P. V. Sevruc¹**¹*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь*²*Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь
sevrucpv@belstu.by**Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus
Institute of Experimental Botany of NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

Модельные леса созданы с целью реализации концепции устойчивого лесопользования и лесопользования группой заинтересованных сторон (партнерством) в трех направлениях: экологическом, социальном и экономическом. Тематика деятельности модельных лесов разнообразна и может включать, как инновационные проекты, требующие серьезного научного обеспечения, так и более простые, но важные для занятости, самозанятости и повышения уровня жизни сельского населения. В Беларуси созданы четыре модельных леса – Чаусский, Новогрудский, Мозырский и Толочинский, которые располагаются в границах одноименных лесхозов. Данные модельные леса располагаются в трех геоботанических подзонах, которые представляют различные природные ландшафты.

Model forests were created to implement the concept of sustainable forest management by a group of stakeholders (partnership) in three areas: environmental, social and economic. The topics of model forests are diverse and can include both innovative projects that require serious scientific support, and more simple ones, but are important for employment, self-employment and improving the standard of living of the rural population. In Belarus, four model forests have been created – Chaussky, Novogrudsky, Mozyrsky and Tolochinsky, which are located within the borders of the forestry enterprises of the same name. These model forests are located in three geobotanical subzones that present different natural landscapes.

Ключевые слова: леса модельные, устойчивое лесопользование и лесопользование, партнерство, стороны заинтересованные, цель модельного леса.

Key words: model forests, sustainable forest management, partnership, stakeholders, model forest goal.

Модельные леса, образованные на партнерстве всех заинтересованных сторон на определенной географической территории, являются механизмом реализации устойчивого лесопользования и лесопользования в трех неразрывных составляющих: экологической, социальной и экономической. Они появились в конце прошлого века в Канаде и получили распространение практически во всем мире. В настоящее время существует Международная сеть модельных лесов, в нее входят 57 модельных лесов, объединенных в 5 региональных сетей [1].

Основной причиной создания модельных лесов стали такие проблемы, как истощение доступных лесных ресурсов, устаревшие методы и технологии лесопользования, проблемы сохранения биоразнообразия и лесов высокой природоохранной ценности. Среди социальных проблем выделяются конфликтные ситуации, с одной стороны – арендаторами лесов, с другой – местным и коренным населением [2].

Модельный лес может быть определен как процесс, с помощью которого отдельные заинтересованные лица и группы людей действуют сообща (партнерство) для того, чтобы получить общее представление об устойчивом развитии ландшафта, в котором лес является важным составляющим компонентом.

Хотя все модельные леса разделяют общие принципы и цели (не являются коммерческими организациями, не распоряжаются и не владеют лесами) деятельность и подходы модельных лесов разнообразны. В некоторых из них вопросы биоразнообразия являются первостепенными, в то время как в других модельных лесах экономическое разнообразие является более важным. Каждый модельный лес в итоге предусматривает обмен знаниями и опытом внедрения инноваций и ценных идей за своими территориальными пределами для расширения потенциальных возможностей устойчивого управления во всех категориях лесных ландшафтов [2].

Модельные леса позволяют создать условия решения компромиссов между государством, частными предпринимателями, различными группами населения с целью устойчивого управления лесами и поддержки их способности выполнять экономические, экологические и средообразующие функции.

Главной целью создания модельных лесов Беларуси является:

- повышение осведомленности общественности и местных жителей о процессах совершенствования национальной лесной политики и системы лесных отношений, ресурсного, средообразующего и природоохранного потенциала лесов, традиций, законных прав и интересов граждан;

- укрепление международного сотрудничества в области управления лесами и ведения лесного хозяйства, развитие сотрудничества по охране лесов от пожаров и незаконных рубок, кризисных ситуаций и сохранению биологического разнообразия.

- создание мониторинга растительности такого уровня, который позволяет обеспечить долговременное многоплановое решение вопросов рационального использования и состояния лесных ресурсов и улучшения окружающей среды с привлечением широкого круга заинтересованных сторон (производственной, научной, общественной, образовательной).

В качестве возможных составляющих практической деятельности модельных лесов можно выделить следующие тематические направления, рекомендованные Секретариатом международной сети модельных лесов [3]:

- устойчивое экономическое развитие общества;
- инновационные практики и инструменты;
- сохранение биоразнообразия;
- образование;
- развитие экологического туризма;
- недревесные продукты леса;
- услуги экосистем;
- защита почвенных и водных ресурсов;
- биоэнергетика;
- экологические процессы и природные катаклизмы;
- уязвимость и адаптация к изменению климата.

Полученный опыт исследований и наблюдений в модельных лесах может распространяться за его пределами, в регионах со сходными эколого-климатическими условиями, а также при проведении международных семинаров по обмену опытом деятельности лесоводов, экологов.

Каждое партнерство «Модельный лес» разрабатывает подход, который является «важным, содержательным, технически обоснованным и доступным» для каждого ландшафта [3, 4], отражает условия существования, законы и обычаи модельного леса. При этом модельные леса придерживаются шести основных принципов [3]:

- ландшафт;
- партнерство;
- обязательство перед устойчивым развитием;
- управление;
- программа деятельности;
- обмен знаниями, расширение потенциальных возможностей и работа в сети.

Эти шесть принципов определяют основу для создания и функционирования модельного леса. Важно, что сравнивая структуру деятельности с приведенными выше принципами, можно дать оценку эффективности функционирования. Поскольку эти шесть вышеперечисленных принципов прошли многолетнюю проверку в различных условиях, их целесообразно принять за основу при создании модельных лесов в различных странах для последующего сравнения и обмена опытом.

В Республике Беларусь модельные леса созданы в трех геоботанических подзонах согласно лесорастительному районированию И. Д. Юркевича и В. С. Гельтмана [5] – дубово-темнохвойных лесов, грабово-дубово-темнохвойных лесов и широколиственно-сосновых лесов, которые охватывают различные природные ландшафты:

- Модельный лес «Чаусский». В северной подзоне дубово-темно-хвойных лесов (Оршано-Могилевский лесорастительного района) модельный лес создан в границах Чаусского лесхоза на общей площади (лесной фонд и сельхозугодия) около 17,5 тыс. га. Поскольку данный лесхоз находится на границе северной и центральной лесорастительных подзон, вблизи южной границы естественного ареала

распространения ели, одной из целей создания данного модельного леса является оценка уязвимости и адаптация ели европейской к изменениям климата.

– Модельный лес «Новогрудский». В подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов Нёманско-Предполесского лесорастительного района модельный лес создан на территории Балтийско-Черноморского водораздела на площади около 20 тыс. га.

С недавнего времени Новогрудский лесхоз участвует в реализации международного проекта «Балтийский ландшафт в развитии – инновационные подходы к устойчивым лесным ландшафтам». Цель этого проекта – содействие надлежащему (устойчивому) управлению лесными ландшафтами в регионе Балтийского моря, в связи с этим у специалистов лесного хозяйства, местных структур управления и населения есть определенное понимание задач неистощительного развития.

Для данного модельного леса предусматривается выделить как одну из целей партнерства – защиту почвенных и водных ресурсов, как в пойме Нёмана, так и вокруг легендарного оз. Свитязь при разных видах природопользования.

– Модельный лес «Мозырский». В южной подзоне широколиственно-сосновых лесов Полесско-Приднепровского лесорастительного района модельный лес организован на площади около 15 тыс. га.

Данный ландшафт богат сосновыми лесами на возвышенностях со сложным рельефом и пойменными дубравами, где существует множество проблемных вопросов по сохранению и использованию редких и ценных лесных экосистем. Приоритетная цель модельного леса здесь – сохранение биоразнообразия в условиях многоцелевого лесопользования.

– Модельный лес «Толочинский». Расположен на территории Оршанской возвышенности на площади около 15 тыс. га. Данные территории характеризуются наличием еловых, елово-осиновых, осиновых древостоев различной полноты и возраста. Основная цель партнерства – оценка успешности различных способов восстановления лесов в условиях интенсивного пользования древесными ресурсами и наблюдением за динамикой прироста.

Как видно из представленной выше информации, модельные леса создаются на определенной территории, которая включает не только земли лесного фонда, но и сельскохозяйственные поля, реки и водоемы, населенные пункты. Многообразие земельных ресурсов, задействованных в модельном лесу, требует участия не только представителей лесохозяйственного учреждения (на базе которого создан модельный лес), но и представителей районного исполнительного комитета (отдел охраны природы и образования), руководителей сельскохозяйственных производственных кооперативов, территория которых входит в модельный лес. Также необходимо участие учреждений образования и исследовательских институтов, районных общественных экологических организаций. В общем, партнеры – все, кто заинтересован в устойчивом развитии лесов и сопредельных территорий.

Партнерство модельного леса фокусируется на достижении осязаемого устойчивого развития, задачи и программа работы модельного леса отражают видение устойчивого развития применительно к данным условиям на основе консенсуса всех заинтересованных сторон.

Обобщая вышесказанное, модельный лес в качестве подхода привлекателен для Беларуси как способ для интенсификации и оживления диалога всех заинтересованных в устойчивом развитии ландшафтов, а также возможностью обмена опытом и продвижения результатов деятельности модельных лесов для внедрения передового опыта, повышения авторитета национального лесного хозяйства и страны в целом.

Для реализации новых целей устойчивого развития модельный лес должен рассматриваться как действующая модель устойчивого развития лесной территории на основе добровольного партнерства на принципах многоцелевого неистощительного лесопользования и экологизированного управления лесами, включая использование и переработку древесных и недревесных ресурсов, развитие соответствующих экономических структур с учетом интересов местного населения. В перспективе национальная сеть модельных лесов должна привести к созданию постоянного механизма сотрудничества и выработки общего понимания устойчивого управления лесами на локальном, региональном и национальном уровнях с учетом экономических, экологических и социальных ценностей.

Экономический эффект модельных лесов можно рассчитать лишь на основании анализа динамики состояния ландшафтов за период 10–20 лет. Основные вопросы, изучаемые в модельных лесах, связаны с проектами биологического характера: почвенное питание; загрязнение воздуха; анализ других факторов, влияющих на состояния ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Model Forest Network [Electronic resource] // IMFN. – Mode of access: <http://www.imfn.net/>. – Date of access: 02.04.2021.
2. Основы устойчивого лесопользования: учебное пособие для вузов / М. Л. Карпачевский [и др.]; под ред. М. Л. Карпачева. – М.: Всемирный фонд дикой природы, 2009. – 143 с.
3. Кузьминов, И. Модельные леса: история развития и тематика проектов / И. Кузьминов // Устойчивое лесопользование. – 2009. – № 2. – С. 17–20.

4. Свидская, А. С. Реализация принципа устойчивого управления лесами в регионе (на примере Республики Карелия) / А. С. Свидская // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – Петрозаводск, 2015. – № 3, Т. 1. – С. 116–120.

5. Юркевич, И. Д. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1965. – 288 с.

УДК 566.06

**СИСТЕМА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**HYDROLOGICAL MONITORING SYSTEM
ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Е. Г. Квач, М. А. Асадчая

E. G. Kvach, M. A. Asadchaya

*Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет)
г. Минск, Республика Беларусь
gid2@hmc.by*

*State Institution «Center of hydrometeorology and control of radioactive contamination and environmental monitoring of The Republic of Belarus» (Belhydromet)
Minsk, Republic of Belarus*

Гидрологический мониторинг является составной частью гидрометеорологического мониторинга. Главной задачей гидрологического мониторинга, является получение информации о наличии ресурсов поверхностных вод, их территориального распределения и изменчивости во времени.

Hydrological monitoring is an integral part of hydrometeorological monitoring. The main task of hydrological monitoring is to obtain information about the availability of surface water resources, their territorial distribution and variability over time.

Ключевые слова: гидрология, гидрологический режим, бассейн, гидрологический пост, трансграничный створ.

Keywords: hydrology, hydrological regime, basin, hydrological post, cross-border area.

Реки Беларуси относятся к бассейнам двух морей – Балтийского и Черного и разделены водоразделом этих морей. В Балтийское море несут свои воды реки, входящие в речные бассейны Западного Буга, Немана, Вилии, Западной Двины и Ловати (бассейн р. Нева), что составляет 43 % территории Беларуси. Река Днепр (включая р. Припять) относится к бассейну Черного моря, что составляет 57 % территории Беларуси.

Регулярные наблюдения за гидрологическим режимом на территории Беларуси начаты в конце XIX века (1876–1881 гг.) на гидрологических постах р. Западная Двина у н.п. Витебск и Улла, р. Неман у н.п. Столбцы, Мосты и Гродно, р. Днепр у н.п. Орша, Могилев, Лоев, р. Сож у н.п. Гомель, р. Березина у н.п. Борисов, р. Припять у н.п. Мозырь и др.

За период от начала наблюдений и по настоящее время на территории Беларуси действовало 766 гидрологических постов, в т.ч. 715 на реках и каналах, а также 51 гидрологический пост на озерах и водохранилищах (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1

Количество гидрологических постов по бассейнам основных рек Беларуси

Бассейн реки	Количество речных/озерных постов	
	в т.ч., действовавших	в т.ч., действующих
Западная Двина	105/22	13/2
Неман (без Вилии)	90/4	10/0
Вилия	43/5	13/2
Западный Буг	35/0	10/0
Днепр (без Припяти)	247/6	30/2

Бассейн реки	Количество речных/озерных постов	
	в т.ч., действовавших	в т.ч., действующих
Припять	195/14	28/4
Всего	715/51	104/10

В настоящее время на территории республики действует 112 гидрологических постов, относящихся к Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, из них 102 речных (90 стоковых, 12 уловенных) и 10 озерных. Два уловенных гидрологических поста на р.Припять у н.п. Качановичи находятся в ведомстве Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [1].

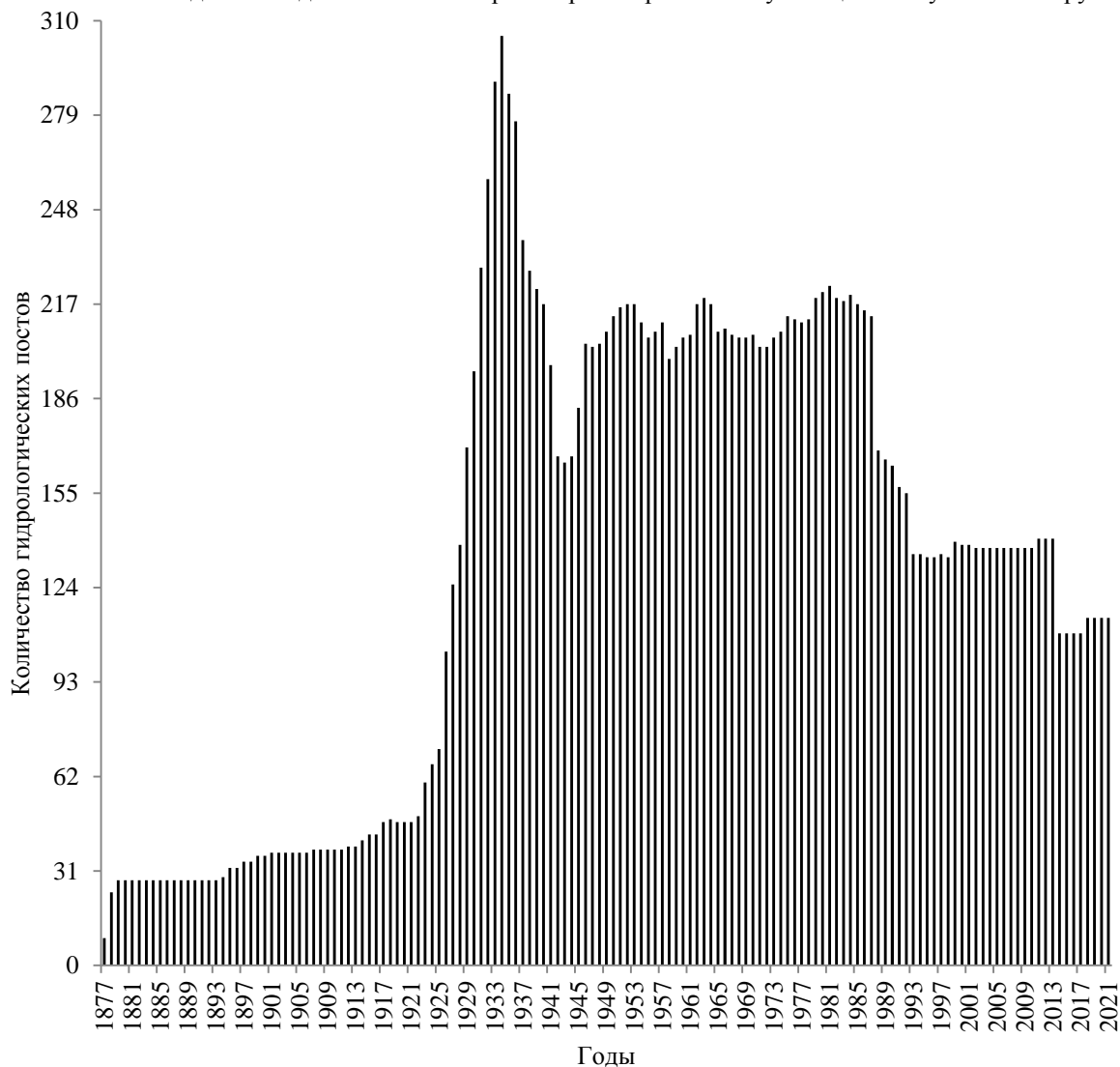


Рис. 1 – Динамика количества гидрологических постов за период наблюдений на территории Беларуси

Сеть гидрологических постов предназначена для проведения наблюдений и получения данных о состоянии поверхностных водных объектов и их водных ресурсах с целью изучения гидрологического режима, ведения государственного водного кадастра, оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и трансграничного массопереноса загрязняющих веществ, обеспечения потребителей первичными гидрологическими данными, фактической и прогностической гидрологической информацией.

Программа гидрологических наблюдений для каждого гидрологического поста устанавливается в соответствии с требованиями технических кодексов установившейся практики.

На реках и каналах производятся наблюдения за уровнем и температурой воды, за толщиной льда и высотой снега на льду, измерения расходов воды, взятие проб воды на мутность, проб наносов и донных отложений на механический анализ.

Наблюдения на озерах и водохранилищах производятся в прибрежной зоне и на акватории (открытой части водоема). В прибрежной зоне производятся наблюдения за уровнем воды, температурой воды у берега,

ледовыми явлениями, за толщиной льда, высотой и плотностью снега на льду. На акватории озер и водохранилищ производят наблюдения за температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, температурой воды в поверхностном слое и на глубинах, за прозрачностью и цветом воды.

На 65 гидрологических постах дополнительно производятся метеорологические наблюдения за осадками и снежным покровом.

На болотной станции Полесская, открытой 01.08.1947 г., производятся наблюдения за гидрологическими характеристиками осушенного Лунинского болотного массива.

На девяти метеорологических площадках по испаромеру ГГИ-3000 (приемная площадь испарителя 3000 см²) в безледоставный период производятся наблюдения за испарением с водной поверхности [2].

101 гидрологический пост привлечен к передаче оперативной информации, необходимой для составления гидрологических прогнозов, обеспечения республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, министерств, ведомств и населения прогнозной гидрометеорологической информацией.

Ежегодно ведется взаимный обмен информацией по трансграничным водотокам с соседними государствами. В государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (далее – Белгидромет) с сопредельных государств поступает информация по 43 гидрологическим постам: 14 гидрологических постов, расположенных на территории России, 19 гидрологических постов – Украине, 2 – Литве, 2 – Латвии, 5 – Польше.

Гидрологическая информация передается в мировые центры данных Всемирной Метеорологической Организации (далее – ВМО): ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (г.Обнинск, Россия), Глобальный центр данных стока Федерального института гидрологии (г.Кобленц, Германия); Международный центр данных по гидрологии озер и водохранилищ Государственный гидрологический институт (г.Санкт-Петербург, Россия). Данные гидрологических наблюдений используются информационно-аналитическим центром мониторинга поверхностных вод для подготовки аналитической информации, ежемесячного прогнозирования качества воды водотоков, для расчета массопереноса загрязняющих веществ на трансграничных участках водных объектов.

По количеству и плотности пунктов гидрологических наблюдений существующая гидрологическая сеть в настоящее время не отвечает рекомендациям ВМО и требованиям гидрологического мониторинга. Минимальная плотность стоковых постов для равнинных территорий, к которым относится Беларусь, должна составлять один стоковый пост на 1875 км², то есть, для соответствия рекомендациям ВМО в Беларуси должно действовать не менее 111 стоковых постов. В настоящее время в Беларуси функционируют 90 стоковых постов (один пост на 2307 км²) [3].

Недостаточное количество стоковых постов, особенно в пунктах трансграничного мониторинга, не позволяет регулярно получать расчетные гидрологические характеристики для оценки трансграничного массопереноса загрязняющих веществ. Эта задача частично решается проведением мониторинга состояния поверхностных вод по гидрологическим показателям на трансграничных пунктах наблюдений.

Для оценки массопереноса загрязняющих веществ на трансграничных участках водотоков в бассейнах рек Западная Двина, Неман, Западный Буг, Днепр, Припять и оценки гидрологической обстановки на основных реках республики, в том числе в период экстремальных ситуаций, производится определение гидрологических показателей в 31 трансграничном створе: 4 трансграничных створа в бассейне Западной Двины, 1 – в бассейне Вилии, 3 – в бассейне Немана, 9 – в бассейне Западного Буга, 6 – в бассейне Днепра, 8 – в бассейне Припяти.

Всего за период 2007 – 2020 гг. на трансграничных участках водотоков измерено 588 расходов воды. Измерениями охвачены годы с высокой (2010, 2013 гг.) и низкой (2015 г.) водностью. Расходы воды были измерены в различные фазы гидрологического режима рек: в весенне-летний период при высоких уровнях воды и во время летне-осенней межени, когда наблюдаются исторически низкие уровни воды.

По данным измерений и расчетов создана база многолетних данных гидрологических характеристик (морфометрических характеристик (площадь водного сечения, средняя и максимальная глубина, ширина реки), скорости потока) и база измеренных расходов воды. На основе измерений и расчетов составляются таблицы гидрологических характеристик (расход воды, скорость течения) среднемесячные и на дату отбора гидрохимических проб.

На основе созданной базы данных построены кривые зависимости расхода воды и средней скорости течения от уровня воды на трансграничных участках рек, не имеющих стационарных пунктов наблюдений. Построенные кривые зависимости позволяют определять расход воды для трансграничных участков рек, не имеющих стационарных пунктов наблюдений.

Главными задачами мониторинга количества поверхностных вод являются организация наблюдений, сбор и получение информации о наличии и ресурсах поверхностных вод, их распределении и изменчивости во времени, а также выпуск кадастровых документов, которые содержат проанализированные и обработанные результаты гидрологических наблюдений. В Белгидромете для потребителей выпускаются: «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод» (гидрологические ежегодники), «Материалы наблюдений

болотных станций», «Материалы наблюдений за испарением с водной поверхности», справочники «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод», «Изменение гидрографической сети под воздействием мелиоративных работ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Том 1. (за 1981-2019 гг.). – Минск.
2. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / под общ. ред. А.И. Полищука, Г.С. Чекана. – Минск : Книгасбор, 2009. – 268 с.
3. Руководство по гидрологической практике. Том 1. Гидрология: от измерений до гидрологической информации, ВМО-№ 168, Шестое издание, Женева, 2011. – 314 с.

УДК[574+504](576)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

USING REMOTE DIAGNOSTICS FOR MONITORING THE CONDITION OF WATER MANAGEMENT FACILITIES AND STRUCTURES OF WATER SUPPLY AND DRAINAGE SYSTEMS

**В. Е. Левкевич¹, В. А. Лосицкий¹, Ф. Н. Саидов¹,
В. А. Мильман², С. В. Решетник²**

**V. E. Levkevich¹, V. A. Lositsky¹, F. N. Saidov¹
V. A. Milman², S. V. Reshetnik²**

¹*Белорусский национальный технический университет (БНТУ)
г. Минск, Республика Беларусь
eco2014@tut.by*

²*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь
victormi29@mail.ru*

¹*Belarusian National Technical University (BNTU)
Minsk, Republic of Belarus*

²*Joint Institute for Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus*

В статье приведены некоторые результаты исследований по оценке состояния эксплуатируемых сооружений берегозащиты на водохранилищах, водозаборов, очистных сооружений, находящихся в прибрежной зоне водных объектов с помощью средств дистанционной диагностики. На основе анализа и опыта использования современных технологий обработки спутниковой информации, методов и средств дистанционной диагностики – беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) даны некоторые предложения по ведению мониторинга водохозяйственных объектов.

This article presents some of the results of studies on assessing the state of operational coastal protection structures at reservoirs, water intakes, treatment facilities located in the coastal zone of water bodies using remote diagnostics. Based on the analysis and experience of using modern technologies for processing satellite information, methods and means of remote diagnostics - unmanned aerial vehicles (UAVs), some proposals are given for monitoring water facilities.

Ключевые слова: мониторинг, дистанционная диагностика, геоинформационная система, водохозяйственный объект, водохранилище, беспилотный летательный аппарат, водозабор, очистные сооружения.

Keywords: monitoring, remote diagnostics, geoinformation system, water management facility, reservoir, unmanned aerial vehicle, water intake, treatment facilities.

Введение

Водохранилища представляют собой сложные природно-технические системы. Создаваемые водные объекты наряду с положительным эффектом оказывают отрицательное воздействие на окружающую природную среду в виде абразии – переработки берегов, подтопления и заболачивания территорий, которые ведут к изъятию сельскохозяйственных земель, разрушению селитебных территорий, осложнению условия эксплуатации водозаборов, а также эксплуатации очистных сооружений. В настоящей работе, приведены некоторые результаты исследований целью которых явилась: оценка возможности использования систем дистанционного сбора информации (космических и авиационных), а также беспилотных летательных

аппаратов (БПЛА) и наземных съемок для решения задач мониторинга природных процессов и прикладных задач связанных с эксплуатацией сооружений.

Основная часть

Комплексное натурное обследование ряда водоемов Беларуси (более 100 единиц) и сооружений на них с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), проводимых специалистами Белорусского национального технического университета и Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси и наземных съемок позволило выявить нарушения в состоянии и дефекты инженерной защиты берегов водохранилищ, креплений откосов дамб и плотин, а также эксплуатации водозаборов, водовыпусков и самих очистных сооружений [1 – 5].

Применение традиционных наземных методов исследований и наблюдений является по характеру получаемой информации дискретной технологией, которая ограничивается сбором информации через достаточно большие интервалы времени. Поэтому в настоящее время практика показала при ведении комплексных мониторинговых наблюдений и съемок площадного объекта (водохранилища, озера, пруда, водохозяйственного объекта) целесообразно использовать дистанционные методы, отображающие динамику процессов, происходящих в прибрежной зоне на различных стадиях развития в сочетании с наземными [1 – 3].

Использование дистанционных средств обеспечивает одновременную (в расчете на масштаб процесса) съемку большого района береговой зоны и контроль ее состояния (размер поля съемки в несколько квадратных километров) при небольшом временном смещении. Для некоторого момента времени эта технология обеспечивает возможность выявления пространственной связи морфологических, гидродинамических и гидрологических условий характерных для объекта наблюдений.

Этот метод хорошо удовлетворяет требованиям охраны окружающей среды и водного хозяйства в прибрежных районах. На основе высокого информационного содержания материалов космической съемки возможно, как топографическое, так и тематическое картирование прибрежных территорий для этого достаточно использовать космические снимки, получаемые, например МКС с высоты около 250 км (масштаб оригинала М 1:2 000 000) в четырех спектральных диапазонах видимого излучения (от 460 до 680 нм) имеют разрешение по поверхности Земли равное около 10 м для линейных объектов. Многозональные аэроснимки в масштабе 1:50000 с высокой точностью могут быть использованы для обновления топографических карт в масштабе 1:10000. Вследствие высокой метрической точности многозональные снимки можно относительно просто совмещать с существующими картами. Таким образом, имеется возможность постоянного обновления различных серий карт и баз данных (например, базы данных кадастра берегов).

Результаты тематической обработки космических или аэрофотоснимков могут использоваться для исследований в интересах водного хозяйства, геологии и инженерной защиты территорий [6,7]. При мониторинге берегов, равно как и мониторинге водозаборов и очистных сооружений находящихся в прибрежной зоне водоемов выступают определенные репрезентативные участки прибрежной и береговой территории. При выборе характерных, репрезентативных участков побережья учитываются геологические, морфологические и гидрологические особенности береговых склонов. Практика наблюдений показала, что при ведении наземных наблюдений следует разбивать и закладывать контрольные участки в различных зонах водоема: низовой или приплотинной, средней и верховой. Протяженность участков может быть различной. Количество створов наблюдений, по которым проводится разбивка поперечников, в зависимости от протяженности контрольного участка, который колеблется от одного (участок длиной не более 50 м) до 15 единиц. Расстояние между поперечниками, как показала практика ведения наблюдений, может составлять от 25 до 50 м. Плановая съемка осуществляется при помощи стандартного оборудования: теодолитов, теодолитов-нивелиров с последующей привязкой к существующим реперам государственной триангуляционной сети при помощи разбивки теодолитных ходов и станций наземного позиционирования типа Wild GPS и других комплектов оборудования [2]. Опытным путем было установлено, что наилучшим периодом проведения наблюдений является весна или же период предледоставный (октябрь – ноябрь месяцы). Аэрофотосъемку следует проводить, в апреле – июне месяце. После проведения полевых изысканий производится камеральная обработка полученных данных, лабораторный анализ отобранных проб и образцов и анализ полученной информации о масштабах и динамике береговых процессов. Информация по каждому объекту подготавливается для ее последующего переноса в базы данных.

В настоящее время известны различные типы информационных систем в области дистанционного мониторинга. Для условий Беларуси была разработана предметно ориентированная база данных (БД) искусственных водных объектов Беларуси. БД предназначена для повышения эффективности контроля (надзора) за техническим состоянием гидротехнических сооружений на объектах водохранилищного фонда Беларуси и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации данной категории. БД позволяет автоматизировать процесс оценки обстановки для принятия управленческого решения [4, 5]

Кроме стандартных методик для сплошной съемки территории предлагается широко использовать возможности дистанционных методов с применением средств авиационного и космического базирования. В

настоящее время технически возможно использовать для этой цели существующий Белорусский космический аппарат.

Для совместного анализа пространственно-распределенных данных используются геоинформационные системы (ГИС). ГИС являются основой для формирования других информационных систем, также работающих с пространственно-распределенными данными. ГИС объединяют картографические материалы в растровом и векторном виде, а также семантическую информацию по объектам картографирования в виде базы данных. Можно использовать как оригинальные продукты типа Map Info, Arc View и ряд других производителей, а также оригинальные разработки белорусских программистов из ОИПИ НАН Беларуси (рис.3). Картографическая основа любой ГИС-системы, как правило, состоит из цифровых топографических карт и планов различных районов республики, населенных пунктов. На цифровые картографические материалы наносятся тематические слои [3, 4].

Важными преимуществами методов дистанционного зондирования Земли являются регулярность отслеживания состояния земной поверхности, большая обзорность, высокая оперативность получения информации об интересующем районе и интеграция полученных данных в геоинформационные системы. Генерализация деталей на изображениях Земли из космоса обеспечивает исследования разных по охвату регионов и позволяет проследить за наиболее характерными процессами прохождения половодья по всей длине реки от истока до устья. При проведении космической съемки затопляемых территорий целесообразно использовать информацию различного пространственного разрешения в разных спектральных диапазонах [4]. Со снимков среднего разрешения (сенсоры МСУ-СК, Modis) можно извлекать полезную информацию о состоянии пойм рек. По снимкам высокого разрешения (сенсоры LISS, ASTER, МСУ-Э космических аппаратов серии Landsat) более точно определяется положение урезов воды и с большей достоверностью выделяются затопленные участки поймы. Съемка в микроволновом диапазоне (RADARSAT) дает возможность получать информацию о наводнениях независимо от освещенности и облачности.

Проведенные в последние годы натурные исследования водохранилищного фонда страны (2010 – 2020 гг.) позволили оценить состояние эксплуатации ряда береговых водозаборов, дамб обвалования очистных сооружений.

В республике наиболее распространены поверхностные водозаборы раздельного и совмещенного типов. Кроме того, в стране существуют поверхностные водозаборы с «прямым отбором» воды для обеспечения рыбоводов, мелиоративных объектов, а также малых ГЭС. К таким сооружениям относятся водозаборы на водохранилищах: Любанское, Локтыши, Погост, Селец, Дубровское, Осиповичское и других. Следует также отметить что ряд водохранилищ наливного типа (Муровно, Локтыши, Любашевское Ельское, Большие Орлы, Малые Автюки, Смолевичское и пр.) наполняемые насосными станциями (НС) двойного действия: в весенний период они служат для наполнения водоема, в период межени – для орошения и обводнения и водоснабжения.

Дистанционная диагностика с использованием космических аппаратов и современных БПЛА позволяет в значительной мере облегчить процесс мониторинга прибрежной зоны водохранилищ, а крупномасштабная съемка наиболее удобна для изучения состояния откосов сооружений, очистных сооружений и водозаборов (рисунок 1).



а) Пруды накопители

б) Разрушение откосов ограждающей дамбы

Рис.1 – Состояние ограждающих дамб очистных сооружений

В безледный период 2020г. была экспериментально апробирована методика регистрации деформации береговых склонов и оценки состояния дамб обвалования, их крепления, водозаборов и очистных сооружений с помощью современных средств – легких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – квадрокоптеров. Использование радиоуправляемого квадрокоптера профессиональной серии позволило провести съемку с

высоты до 70м над уровнем поверхности. Используемый в экспериментах квадрокоптер модели DJI Phantom 3 Professional, оснащенный системой позиционирования GPS, акселерометром, датчиком высоты, 3-х осевым стабилизирующим подвесом цветной видеокамеры 4К с разрешением 12 мегапикселей видеокамерой – позволяет передавать HD видео в онлайн режиме и делать фотографии и видеозапись высокого разрешения. Внешний вид используемого квадрокоптера показан на рисунке 2 .



Рис. 2 – Квадрокоптер модели DJI Phantom 3 Professional

В процессе натурального эксперимента были проведены съемки береговой линии Заславского водохранилища протяженностью более 1500м, ограждающих дамб и состояния их откосов, польдерной насосной станции и технологического - пруда отстойника, где имеется заложенные сети многолетних стационарных наземных наблюдений.

Заключение

Полученные фактические экспериментальные данные и материалы съемок позволили заключить следующее:

- регистрация и наблюдение за развитием процесса деформаций водных объектов (водозаборов, очистных сооружений) с помощью беспилотных радиоуправляемых квадрокоптеров, оснащенных камерами высокого разрешения (4К) и выше - возможны и рекомендуются для использования в Беларуси;
- возможно получение материалов с помощью БПЛА необходимые для ведения мониторинга состояния отдельных сооружений и водохозяйственных комплексов;
- что очень важно - возможна регистрация параметров склона, а также подводной части водозаборов и очистных сооружений как в надводной, так и подводной частях.
- для оценки влияния водных объектов на прилегающие территории может использоваться комбинированная спутниковая высокого разрешения, съемка БПЛА и наземная с интеграцией на основе ГИС-систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левкевич, В. Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2015. – 307 с.
2. Левкевич, В. Е. Гидро- морфодинамика прибрежной зоны водохранилищ ГЭС Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2018. – 143 с.
3. Левкевич, В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : БНТУ, 2019. – 172 с.
4. Анисимова, Н. А. Динамика переработки береговых склонов Горьковского водохранилища / Н. А. Анисимова, С. В. Тарасова // Наука и техника на речном транспорте : спец. вып. – М., 2003. – С. 111–113.
5. Соболев, С. В. Анализ переформирования абразионных берегов Горьковского водохранилища за период 1957–2010 гг. с прогнозом на следующее десятилетие / С. В. Соболев, Л. Б. Иконников, Д. Н. Хохлов // Гидротехническое строительство. М.; 2011, №12. – С. 13–20.

УДК 528.88

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ****POSSIBILITIES OF APPLICATION OF SPECTRAL INDICES
FOR ASSESSMENT OF THE STATE OF WETLANDS****А. Н. Полюхович****A. N. Paliukhovich**

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина
г. Брест, Республика Беларусь
napikm@mail.ru*

*Brest State University named after A.S. Pushkin
Brest, Republic of Belarus*

В статье рассмотрены возможности использования спектральных индексов для определения площадей распространения территорий, покрытых водой, и участков с разреженной растительностью в пределах болотных массивов. При этом использовались спектральные индексы NDVI, NDWI.

The article discusses the possibility of using spectral indices to determine the areas of distribution of territories covered with water and areas with sparse vegetation within wetlands. In this case, the spectral indices NDVI, NDWI were used.

Ключевые слова: Простырь, болотный массив, низинное болото, спектральные индексы, NDVI, NDWI.

Keywords: Prostyr, wetlands, lowland wetland, spectral indices, NDVI, NDWI.

Болота выполняют большое количество различных экологических функций. Они играют важную роль в регуляции климата, способствуя выводу из атмосферы углекислого газа благодаря захоронению неразложившейся органики. Изучение болотных массивов в настоящее время возможно благодаря ГИС-технологиям, которые позволяют интегрировать разноплановую информацию и широко использовать данные дистанционного зондирования Земли. Особенностью Припятского Полесья является высокий процент заболоченности территории (41 %).

Спутниковые снимки позволяют рассчитывать спектральные индексы, которые показывают, например, зависимость потока излучения спутника от частоты излучения земной поверхности. Характерным признаком поверхность Земли, растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн.

Цель данного исследования – выявить возможности применения спектральных индексов для оценки состояния болотных массивов. При этом использовались сравнительно-географический, картографический, геоинформационный методы и метод дистанционного исследования.

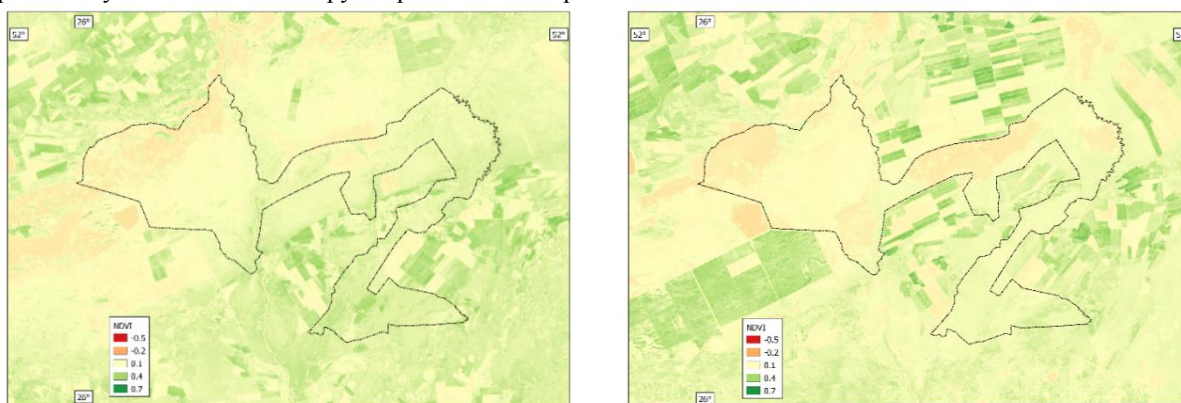
На территории Припятского Полесья выбрана репрезентативная территория – водно-болотное угодье «Простырь». Особенностью данной территории является наличие комплекса низинного болота, которое расположено в междуречье рек Припяти и Простырь, и на которое не оказывалось и не оказывается антропогенное влияние. Для данной территории было рассчитано по 2 спектральных индекса на апрель 1986 г. и 2020 г. Спутниковые снимки были взяты со спутников Landsat-8, которые находятся в открытом доступе на сайте геологической службы США [1]. Обработка космических снимков осуществлялась в QGIS посредством возможностей растрового ГИС-анализа с помощью калькулятора растров.

NDVI является стандартизированным индексом, который показывает наличие и состояние растительности (относительную биомассу). Для расшифровки значений использовались данные из таблицы [2, 3].

Значение индекса NDVI [2]

Тип объекта	Значение NDVI
Густая растительность	0,7
Разряженная растительность	0,5
Открытая почва	0,025
Облака	0
Снег и лед	-0,05
Вода	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	-0,5

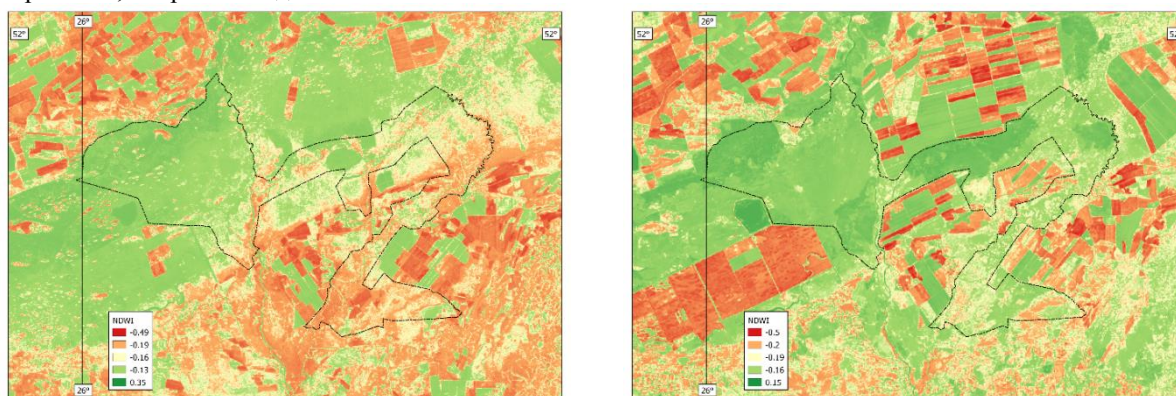
Результаты вычисления вегетационного индекса NDVI для территории водно-болотного угодья Простырь показали, что на апрель 2020 года в пределах территории болотного массива находились обширные площади, которые были покрыты водой. Они приурочены к пойме рек Припять, Простырь и Гнилая Припять. В общей сложности водой было покрыто около 30% поверхности болотного массива. В восточной части растительность имела разреженный характер, а в междуречье Припяти и Простырь была открытая почва (рисунок 1 б). По сравнению с апрелем 1986 г. территории, покрытые водой, уменьшились вблизи русла реки Припять и увеличились около русла реки Гнилая Припять.



а) б)
Рис. 1 – Индекс NDVI на апрель а) 1986 г., б) 2020 г.

Индекс содержания влаги NDWI может принимать значения от -1 до 1 . Для зеленой растительности обычно принимает значения от $-0,1$ до $0,4$. Вода имеет положительное значение [4, 5].

По данному индексу на территории болотного массива Простырь в апреле видны площади, покрытые водой, которые были выявлены при вычислении предыдущих индексов. Наименьшие значения водной поверхности и разреженная растительность характерны для юго-восточной части болотного массива (рисунок 2 б). По сравнению с апрелем 1986 года в восточной части болотного массива увеличились площади поверхности, покрытые водой.



а) б)
Рис. 2 – Индекс NDWI на апрель а) 1986 г., б) 2020 г.

Таким образом, спектральные индексы позволяют определять области распространения территорий на болотных массивах, покрытых водой, а также проводить оценку состояния растительного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологическая служба США // EarthExplorer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. – Дата доступа: 26.08.2020.
2. Вегетационные индексы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dpo.rudn.ru/data/novie-vozmojnosti-dlya-kajdogo/likvidazia-uwerba/6/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%80%204.pdf>. – Дата доступа: 04.04.2021.
3. Черепанов, А. С. Вегетационные индексы / А. С. Черепанов // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 98–102.
4. Галерея индексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm>. – Дата доступа: 05.04.2021.
5. Катаев, М. Ю. Методика обнаружения водных объектов по многоспектральным спутниковым измерениям / М. Ю. Катаев, А. А. Бекеров // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2017. – № 4. – С. 105–108.

УДК 504.064.2

**АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТЭЦ-1 Г. ЙОШКАР-ОЛЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЦЕНОЧНЫХ КРИТЕРИЕВ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА**

**ANALYSIS OF THE MAN-MADE LOAD OF THE CHP-1
ST. YOSHKAR-OLA USING ENVIRONMENTAL
RISK ASSESSMENT CRITERIA**

Е. К. Чезганова, Т. Н. Ефимова

E. K. Chezganova, T. N. Efimova

*Поволжский государственный технологический университет
г. Йошкар-Ола, Россия
chezganovae@yandex.ru*

*Volga State University of Technology
Yoshkar-Ola, Russia*

Оценка экологического риска направлена на научный прогноз и используются для оценки потенциально вредного воздействия на окружающую среду различных загрязняющих веществ и других агентов. Определение показателей ущерба основывается на анализе факторов, их вызывающих. В случае количественной оценки производится измерение концентраций загрязняющих веществ, нормирование оценок в соответствии с функционалом нормирования величин или определение интегральных показателей. Комплексная оценка экологического риска и картографирование критических нагрузок в ГИС позволяет определить экосистемы, наиболее чувствительные к поступлению загрязняющих веществ, оценить опасность любой намечаемой или осуществляемой хозяйственной деятельности, спланировать мероприятия по эколого-экономическому управлению территорией.

Environmental risk assessment is aimed at scientific prediction and is used to assess the potential harmful effects on the environment of various pollutants and other agents. In the case of quantification, the concentrations of pollutants are measured, the estimates are normalized according to the functionality of the rationing or the integral measures are determined. Integrated environmental risk assessment and mapping of critical loads in GIS make it possible to identify the ecosystems most sensitive to pollutants, assess the risk of any proposed or ongoing business activity, to plan environmental and economic management of the territory.

Ключевые слова: Экологический риск, оценка, загрязняющие вещества, выбросы.

Keywords: Environmental risk, assessment, pollutants, emissions.

Концепция экологического риска представляет собой системный подход, включающий два основных элемента: оценку риска и управление риском. Оценка экологического риска – это научное исследование, в котором факты и научный прогноз используются для оценки потенциально вредного воздействия на окружающую среду различных загрязняющих веществ и других агентов.

Оценка риска - это расчет размера потенциально вредных воздействий и вероятности того, что они могут произойти в настоящее время или в будущем. При оценке риска, возникающего в ходе конкретной деятельности, нужно оценивать величины последствий, а также вероятности того, что они произойдут. В таких оценках важную роль играют такие факторы, как степень воздействия (например, концентрация веществ), его продолжительность, размеры области, в которой оно произошло, и присутствие людей, животных, растений, имущества, а также природа вредных воздействий [1].

Под экологическим риском понимают также вероятностную меру опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время. Вред природной среде при различных антропогенных и стихийных воздействиях, очевидно, неизбежен, однако он должен быть сведен до минимума

и быть экономически оправданным. Любые хозяйственные или иные решения должны приниматься с таким расчетом, чтобы не превышать пределы вредного воздействия на природную среду [2].

Оценка экологического риска носит комплексный характер, часто основанный на разнородных данных. Для расчета оценки необходимо определить структуру ущерба, вызывающих их факторов и привести все показатели к единой нормированной шкале оценок. Структура экологического риска представляет собой иерархическую модель, начальная вершина которой соответствует комплексной оценке риска, всякие вершины – различным ожидаемым ущербам по видам факторов, их вызывающих. Каждой дуге в соответствие ставится вероятность возникновения данного типа ущерба. Рассмотрим структуру иерархической модели оценки экологического риска, возникающего при загрязнении основных компонентов окружающей среды: атмосферного воздуха (ЗА), воды (ЗВ), почвы (ЗП).

Методика определения результирующей оценки экологического риска основана на методологии формирования комплексных оценок [3]. Для получения комплексной оценки риска необходимо привести значения показателей ущерба к единой дискретной шкале оценок.

Определение показателей ущерба основывается на анализе факторов, их вызывающих. В случае количественной оценки производится измерение концентраций загрязняющих веществ, нормирование оценок в соответствии с функционалом нормирования величин или определение интегральных показателей. Наряду с результатами контрольных измерений могут использоваться результаты обследований, опросов, экспертные оценки. Объединение разнородных данных осуществляется в единой нормированной шкале с учетом характеристик достоверности и степени участия каждого фактора [4]. В результате формируется комплексная оценка. Оценка экологического состояния приводится к шкале показателей ущерба.

Вероятность наступления опасного события и возникновения ущерба определяется на основе статистических данных или анализируется экспертом.

Оценка экологического риска осуществляется по видам ущерба в соответствии с матрицей риска. Матрица риска показывает зависимость уровня (категории) риска от соотношения вероятности события и тяжести ущерба. В зависимости от полученного значения оценки введены следующие категории рисков: незначительный риск; малый риск; средний риск; высокий риск; катастрофический риск.

В зависимости от рассчитанного значения риска определяется необходимость проведения мероприятий по предотвращению ЧС или ликвидации последствий.

Оценка экологических рисков осуществляется в технологии ГИС. Территориальная система представляется в виде множества взаимодействующих слоев – носителей загрязнений. В качестве их количественной характеристики используются данные о концентрации, сравниваемые с нормируемыми показателями, или интегральные характеристики по комплексу загрязнителей. Значения концентраций являются либо данными мониторинга, либо результатами моделирования. Наряду с результатами измерений используются экспертные оценки. По каждому фактору воздействия или комплексу показателей определяется ущерб и вероятность его возникновения. В соответствии с матрицей риска оценивается значение экологического риска и определяется перечень мероприятий для ликвидации возможных последствий.

Комплексная оценка экологического риска и картографирование критических нагрузок в ГИС позволяет определить экосистемы, наиболее чувствительные к поступлению загрязняющих веществ, оценить опасность любой намечаемой или осуществляемой хозяйственной деятельности, спланировать мероприятия по эколого-экономическому управлению территорией.

В городе Йошкар-Ола Республики Марий Эл существует довольно крупное действующее предприятие Муниципальное унитарное предприятие «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1».

Предприятие создано в целях надежного и качественного обеспечения потребителей, жителей муниципального образования «Город Йошкар-Ола», тепловой и электрической энергией.

Основным направлением деятельности МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1» является производство, передача и распределение тепловой и электрической энергии.

Предприятие ведет свою деятельность в 3-х муниципальных образованиях на 40 промышленных площадках, расположенных на территории республики, из них.

На предприятии образуется всего 248 веществ, большая часть которых относится к третьему классу опасности, что составляет 105 веществ от общего числа загрязняющих веществ, а это 43 процента от общего числа всех веществ. Четвертого класса опасности образуется 79 веществ (32%), второго класса 46 - 18 % и 1 класса всего лишь 3 вещества, что составляет лишь 1 процент от всего. Также 15 веществ имеют ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ).

Наибольшее количество образующихся веществ приходится на Углерод оксид, Азота диоксид, Сера диоксид, Азота (II) оксид, Бензин, Марганец, Фтористые газообразные соединения, Керосин.

Масса выбросов загрязняющих веществ составляет 0,194353 тонн в год, что не превышает норматив допустимых выбросов.

На предприятии источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух контролируются, согласно плану-графику контроля соблюдение нормативов выбросов выполняется расчетным методом.

По результатам контроля фактические выбросы (максимально разовые, г/с) не превышают установленных предельно допустимых;

- содержание загрязняющих веществ в сточных водах находятся в пределах нормативов допустимого воздействия, а также нормативы качества воды соответствуют нормативам ПДК вредных веществ;

- объемы образования отходов в процессе производственной деятельности предприятия не превышают установленных нормативов;

- показатели содержания вредных веществ в компонентах природной среды на территории объектов размещения отходов соответствуют ПДК, негативного воздействия на окружающую среду не зафиксировано.

Объем и периодичность контроля регламентированы нормативными документами и проводится на основании графиков, разрабатываемых ежегодно. Результаты контроля оформляются документально и представляются в контрольно-надзорные органы в соответствии с порядком их представления.

За последние годы на предприятии не были зафиксированы техногенные аварии и катастрофы, которые могли бы нести экологическую опасность и значение. Аварии и инциденты, повлекшие негативное воздействие на окружающую среду также отсутствуют.

В заключении, можно сделать вывод, что предприятие ТЭЦ-1 ответственно относится к своей работе и благоприятной экологической обстановке города, а также выполняет санитарно-эпидемиологические условия и следит за соблюдением всех обязательных нормативов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Учебное образование онлайн // Понятие и оценка экологического риска. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studwood.ru/997119/ekologiya/otsenka_analiz_ekologicheskogo_riska. – Дата доступа: 15. 04.2021
2. Экология и охрана окружающей среды : учебник / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
3. Алексеев, В. В. Вопросы обеспечения единства измерений при формировании комплексных оценок / В. В. Алексеев, Е. Г. Гридина, Н. И. Куракина // Сб. тр. Междунар. симпозиума «Надежность и качество 2005». – Пенза, 2004. – С. 461–464.
4. Алексеев, В. В. ГИС комплексной оценки состояния окружающей природной среды / В. В. Алексеев, Н. И. Куракина, Е. В. Желтов // ArcReview. – 2007. – № 1(40). – С. 16–17.

УДК 502.55

**АНАЛИЗ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ
УЧАСТКА ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ****ANALYSIS OF POLLUTION MONITORING DATA
FOR THE CHEBOKSAR RESERVOIR SECTION
IN THE REPUBLIC OF MARI EL****А. А. Ивашечкин****A. A. Ivashechkin**

*Поволжский государственный технологический университет
г.Йошкар-Ола, Российская Федерация
andrei.ivashechkin@narod.ru*

*Volga State University of Technology
Yoshkar-Ola, Russian Federation*

Данная работа посвящена анализу данных мониторинга загрязнений на территории Чебоксарского водохранилища, относящейся к территории Республики Марий Эл. Для того, чтобы оценить изменения в динамике, был выбран временной период с 2016 до 2020 года, проведено сравнение показателей загрязненности воды и донных отложений в его начале и конце (то есть в 2016 и в 2020 годах), сделаны выводы исходя из результатов анализа, оценено качество воды и ее изменения (негативные и позитивные). Обозначены возможные причины изменений и предложены решения, способные минимизировать загрязнения воды на приведенном участке.

This work is devoted to analysis of pollution monitoring data on the territory of the Cheboksary reservoir, belonging to the territory of the Republic of Mari El. In order to assess changes in dynamics, a time period was selected from 2016 to 2020, a comparison was made of indicators of water pollution and bottom sediments at its beginning and end (that is, in 2016 and in 2020), conclusions were drawn based on the results of the analysis, assessed the quality of water and its changes (negative and positive). Possible reasons for the changes are indicated and solutions are proposed that can minimize water pollution in the given area.

Ключевые слова: водохранилище, створ наблюдения, качество воды, загрязнение, донных отложений, мониторинг, вещества.

Keywords: reservoir, observation point, water quality, pollution, bottom sediments, monitoring, substances.

Ситуация с загрязнением вод Чебоксарского водохранилища с каждым годом приобретает все более серьезные масштабы и привлекает большее внимание исследователей и экологов. В улучшении качества воды заинтересованы как организации, так и управленческие организации и, безусловно, местные жители территорий, омываемых Чебоксарским водохранилищем. В частности, территорий Республики Марий Эл.

Цель работы – проведение анализа результатов мониторинга участка акватории Чебоксарского водохранилища в пределах Республики Марий Эл в период с 2016 по 2020 годы.

Анализ данных проводился по следующим створам наблюдений: ниже поселка Юрино, устье реки Ветлуга, выше выпуска ОС МУП ЖКХ города Козьмодемьянска и ниже ОС МУП ЖКХ города Козьмодемьянска.

Ежегодно в каждом из створов наблюдения проводятся анализы, на основе которых происходит присваивание значений предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ.

Дать оценку степени загрязненности, присвоить класс качества, разряд и дать характеристику состоянию воды позволяет удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [1]. Этот метод позволяет провести сравнительный анализ степени загрязнения на различных участках водохранилища.

В 2016 году в водах Чебоксарского водохранилища на территории Республики Марий Эл были зарегистрированы превышения среднегодовых показателей следующих веществ: алюминия (2,4 ПДК), цинка (3,2 ПДК), меди (3,9 ПДК) и марганца (5,9 ПДК).

Максимальные значения концентрации загрязняющих веществ установлены в створах устья реки Ветлуги и ниже поселка Юрино. В первом содержание марганца в среднем за год достигало 7,7 ПДК, алюминия 3,7 ПДК, а во втором было зарегистрировано высокое содержание меди (4,9 ПДК) и цинка (2,5 ПДК).

Количество аммонийного азота в воде оценивалось как удовлетворительное. Содержание ионов железа в среднем равнялось 4 ПДК, максимальный уровень был в воде устья Ветлуги и составил 6 ПДК. На этом же участке зафиксировано превышение содержания ХПК в два раза, максимальное - 2,17 ПДК. При этом средний показатель данного вещества составил 1,9 ПДК. В половине створов отмечалось превышение БПК₅ в среднем в 1,2 раза. В среднем по участку уровень равнялся 1 ПДК.

Показатели кадмия, никеля, свинца, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, нитратов, органических компонентов (СПАВ, нефтепродуктов, фенолов) оставались в норме на всей территории Чебоксарского водохранилища в пределах РМЭ.

Таким образом, два участка: ниже Юрино и устье Ветлуги в 2016 году были причислены к 4-ому классу качества с разрядами «а», что характеризует их состояние загрязненности воды как «грязная». Их УКИЗВ равняется 4,18 и 4,29 соответственно [2].

Чуть лучше ситуация на двух других створах – выше и ниже выпуска ОС МУП ЖКХ города Козьмодемьянска. Оба участка получили 3-й класс качества с разрядами «б», что относится к характеристике «очень загрязненная». УКИЗВ представленных створов 3,9 и 3,79 соответственно.

Кроме того, для оценки уровня загрязненности были проведены исследования донных отложений, которые являются с одной стороны индикатором загрязнения, а с другой – причиной загрязнения воды.

Однако в России нет общепринятых разработанных нормативов содержания загрязняющих веществ в донных отложениях, для их оценки использовались «фоновые» значения, предложенные Институтом минералогии, геохимии и кристаллографии редких металлов (ИМГРЭ) для тяжелых металлов. С целью оценки эффекта воздействия всех исследуемых элементов на экосистему рассчитывался суммарный показатель загрязнения (СПЗ), он основывается на расчете коэффициента концентрации – K_c .

Коэффициент концентрации рассчитывается по формуле:

$$K_c = C/C_{\phi}$$

K_c - коэффициент концентрации;

C - фактическое содержание вещества в пробе;

C_{ϕ} - фоновое содержание вещества в пробе (по данным ИМГРЭ).

СПЗ вычисляется по формуле:

$$СПЗ = \sum K_c - (a - 1)$$

a - число суммируемых веществ, коэффициент концентрации которых выше 1,0;

K_c - коэффициент концентрации.

Расчет коэффициента концентрации и СПЗ производили по результатам количественного химического анализа проб донных отложений.

С учетом СПЗ ИМГРЭ, в таблице 1, предложена классификация загрязнения тяжелыми металлами донных отложений:

Таблица 1

Классификация степени загрязнения донных отложений

$СПЗ \leq 8$	слабое загрязнение	2 класс качества
$8 \leq СПЗ \leq 16$	допустимая степень загрязнения	3 класс качества
$16 \leq СПЗ \leq 32$	умеренно-опасная степень загрязнения	4 класс качества
$32 \leq СПЗ \leq 128$	опасная степень загрязнения	5 класс качества
$СПЗ \geq 128$	чрезвычайно-опасная степень загрязнения	6 класс качества

При оценке степени загрязнения донных отложений поверхностных вод для расчета СПЗ кроме тяжелых металлов были включены нефтепродукты.

Согласно проведенным анализам и расчетам, уровень загрязнения на всех участках Чебоксарского водохранилища, относящихся к Республике Марий Эл, характеризуется как «слабое загрязнение» и относится ко 2 классу качества [3].

Основным источником антропогенного влияния на данных участках является МУП «Вода» МО «ГО Город Козьмодемьянск».

В 2020 году, в сравнении с 2016, ситуация усугубилась. Повысилось содержание алюминия (3,9 ПДК), цинка (3,5 ПДК), меди (4,8 ПДК) и марганца (7,2 ПДК). Количество ионов железа в воде по-прежнему

превышало норму и составляло 4,96 ПДК. Максимально значение было зарегистрировано ниже поселка Юрино (5,19 ПДК).

1,5 ПДК – таким было среднее значение нитритов в воде в 2020 году, 1,77 ПДК – их максимальный уровень, зарегистрированный в створе ниже Козьмодемьянска. Значение аммонийного азота осталось удовлетворительным.

Среднегодовое значение ХПК составило 1,87 ПДК, максимум отмечен в створе выше Козьмодемьянска – 1,95 ПДК.

Показатели кадмия, никеля, свинца, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, нитратов, органических компонентов (СПАВ, нефтепродуктов, фенолов) точно так же, как и в 2016 году, в 2020 были в пределах нормы.

Устье реки Ветлуга, которое в 2016 году по многим показателям демонстрировало превышения нормы, в этот раз оказалось менее благоприятным только по БПК₅. Этот показатель превысил норму в 1,06 раз, в то время как на остальных участках уровень оценивается как удовлетворительный.

Таким образом, три створа – ниже поселка Юрино, выше и ниже ОС МУП ЖКХ города Козьмодемьянска получили 4 класс загрязнения с разрядом «а», а также характеристику «грязная». Кроме того, на участках ниже Юрино и выше Козьмодемьянска отмечается критическое содержание цинка в воде.

Вода в устье Ветлуги, в сравнении с остальными створами, более чистая, однако характеризуется как «очень загрязненная» (3 «б»).

Что касается донных отложений, на всех участках в 2020 году они характеризуются как «слабо загрязненные» (2 класс).

Перейдем к детальному сравнению, которое позволит проанализировать, какие конкретно изменения произошли в Чебоксарском водохранилище за последние 5 лет. Данные представлены в таблице 2.

Наиболее серьезные изменения последовали в уровне свинца и никеля. Средний уровень первого вещества за представленный промежуток вырос в 4,5 раза. Если в 2016 году средний показатель был 0,075 ПДК, то в 2020 он равнялся 0,338 ПДК. Чуть благоприятнее ситуация со вторым веществом, никелем, его рост составил 2,43 раза: с 0,89 ПДК в 2016 до 2,16 ПДК в 2020.

Показатели содержания алюминия, марганца, меди, цинка, общего железа и аммонийного азота выросли в среднем в 1,4 раза в 2020 году в сравнении с результатами идентичных исследований 2016. Что говорит о дегенеративной тенденции и ухудшении состояния воды в Чебоксарском водохранилище на территории РМЭ [4].

В меньшей степени возросло количество СПАВ, нитритов и фенолов. Их стало больше в целом всего на 0,028 ПДК.

Тем не менее, положительная динамика также присутствует. Содержание таких веществ, как сульфаты, хлориды, ХПК, БПК₅ и нефтепродукты сократилось примерно в 1,4 раза. Количественные показатели кадмия и нитратов не изменились за 5 лет.

Говоря об общей характеристике, основанной на всех показателях мониторинга за представленный период, стоит отметить, что здесь присутствует очевидная положительная динамика у 25% участков и негативная у 50% участков. 25% из них сохранили за 5 лет свои характеристики.

Итак, ситуация с количеством загрязнений воды стала лучше в створе устья реки Ветлуга. В 2016 году он характеризовался как грязный и имел УКВИЗ 4,29, в 2020 его класс понизился с 4 «а» до 3 «б» и стал очень загрязненным.

Створы выше и ниже ОС МУП ЖКХ города Козьмодемьянска стали более загрязненными, их класс повысился до 4 «а» в 2020 году, а состояние оценивается как «грязная», хотя в 2016 этот показатель был «очень загрязненная». УКИЗВ створов увеличился на 0,8 и 0,34 соответственно. Кроме того, на участке выше Козьмодемьянска возник критический уровень цинка.

Участок ниже поселка Юрино изменился лишь по показателю УКВИЗ на 0,03. А также в 2020 году отмечался критический показатель цинка. В остальном характеристика створа осталась прежней.

Характеристика донных отложений на всех участках за 5 лет не изменилась, они остались «слабо загрязненными».

Таблица 2

Сравнение показателей загрязнения в начале и в конце 5-летнего периода исследования

	Период	УКИЗВ	Разряд, класс качества	Характеристика состояния загрязненности воды	Характеристика донных отложений
ниже п.Юрино	2016	4,18	4, «а»	грязная	слабое загрязнение
	2020	4,21	4, «а»	грязная	слабое загрязнение
устье р.Ветлуга	2016	4,29	4, «а»	грязная	слабое загрязнение

	Период	УКИЗВ	Разряд, класс качества	Характеристика состояния загрязненности воды	Характеристика донных отложений
	2020	3,65	3, «б»	очень загрязненная	слабое загрязнение
выше выпуска ОС МУП ЖКХ г.Козьмодемьянска	2016	3,9	3, «б»	очень загрязненная	слабое загрязнение
	2020	4,07	4, «а»	грязная	слабое загрязнение
ниже выпуска ОС МУП ЖКХ г.Козьмодемьянска	2016	3,79	3, «б»	очень загрязненная	слабое загрязнение
	2020	4,13	4, «а»	грязная	слабое загрязнение

Заключение. В результате проведенного исследования были описаны тенденции изменения загрязнения вод Чебоксарского водохранилища на территории Республики Марий Эл.

Качество воды Чебоксарского водохранилища в 2016 году в 50% створах перешло из класса 3 «б» «очень загрязненная» в класс 4 «а» «грязная», в 25% створов качество воды осталось на уровне предыдущего года, и в 25% створов отмечено улучшение показателя качества воды.

В 2016 году СПЗ донных отложений в створах Чебоксарского водохранилища не превышал значения 5,6 (слабое загрязнение). В 2020 году характеристика качества донных отложений сохранилась на уровне 2016 года Класс качества донных отложений во всех без исключения створах соответствовал 2 классу.

Качество воды Чебоксарского водохранилища в пределах Республики Марий Эл в 2020 году в 25% створов осталось на уровне 2016 года: класс качества воды 3 «б» «очень загрязненная», а в 75% створов отмечено ухудшение показателя качества воды (из класса 3 «б» «очень загрязненная» перешло в класс 4 «а» «грязная»). В 2020 году в воде водохранилища не зафиксировано случаев высокого загрязнения и экстремально высокого загрязнения. Наблюдается снижение БПК₅, марганца 2+, свинца, СПАВ, фторид-анионов, хлоридов, хрома 3+, цинка. Одновременно наблюдается повышение содержания следующих ингредиентов: азот аммонийный, алюминий, железо общее, медь, нитриты, хром 6+ [5].

Таким образом, можно говорить о том, что за 5 лет просматривается как негативная, так и позитивная динамика изменения уровня загрязнения воды в Чебоксарском водохранилище. По ряду показателей ситуация стала более благоприятной, однако показатели большинства вредных веществ все же возросли, причем значительно (до 4,5 раз). Это свидетельствует о необходимости снижения уровня антропогенного влияния на воду данной зоны, и вместе с тем увеличения профилактических мероприятий, направленных на улучшение качества воды и ее очищение.

Донные отложения за 5 лет не претерпели существенных изменений, оставаясь слабо загрязненными, что является показателем отсутствия постоянно экстремального уровня загрязняющих веществ и может свидетельствовать о том, что влияние на воду либо эпизодическое, либо началось относительно недавно.

В целях уменьшения поступления загрязняющих веществ вместе с поверхностным стоком в водные объекты необходимо контролировать все виды деятельности в водоохраных зонах и водосборных площадях в целом, повышать эффективность работы очистных сооружений, в том числе в отношении ливневых стоков, активно использовать оборотное и повторное водоснабжение.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Булгаков, Н. Г. Экологический мониторинг / Н. Г. Булгаков, А. П. Левич, В.Н. Максимов. - Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2003. - Ч.5. - С. 93-259.
- 2.Демаков, Ю. П. Региональный мониторинг качества поверхностных вод и пути его совершенствования / Ю. П. Демаков, А. В. Егошин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – С. 244-250.
- 3.Егошин, А. В. Региональные проблемы оценки качества поверхностных вод / А. В. Егошин - Тольятти, 2004. – С. 45-51.
- 4.Иванова, А. И. Районирование бассейна верхней Волги по величине природного содержания отдельных показателей загрязнения водных объектов / А. И. Иванова. – Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2003 – 411 с.
- 5.Петин А. Н., Лебедева М. Г., Крымская О. В. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учеб. пособие. Белгород : БелГУ, 2006. 252 с.

УДК 665.654 + 536.413

**ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ
ВЫСОКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ПРИ ПОМОЩИ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ****THERMOELECTRIC COMPOSITES FOR RECOVERY OF HIGH POTENTIAL
HEAT USING HIGH TEMPERATURE THERMOELECTRIC GENERATORS****Е. А. Чижова, Р. С. Латыпов, С. В. Шевченко****E. A. Chizhova, R. S. Latypov, S. V. Shevchenko**

*УО «Белорусский государственный технологический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
chizhova@belstu.by*

*Belarusian State Technological University
Minsk, Republic of Belarus*

Получена керамика на основе слоистого кобальтита кальция, содержащая 3, 6 и 9 мас.% частиц металлической меди, спеченная двухстадийным методом при различных температурах. Изучено влияние состава и температуры спекания керамики на ее плотность, электрофизические и термоэлектрические свойства. Установлено, что введение в керамику на основе слоистого кобальтита кальция 3 мас.% частиц металлической меди в сочетании с двухстадийным спеканием при 1273 К позволяет получить материалы с улучшенными термоэлектрическими характеристиками.

Ceramics based on layered calcium cobaltite containing 3, 6 and 9 wt.% of metallic copper particles, sintered using two-stage method at different temperatures, have been obtained. The influence of the composition and sintering temperature of ceramics on its density, electrophysical and thermoelectric properties has been studied. It has been established that the introduction of 3 wt.% of metallic copper particles into ceramics based on layered calcium cobaltite in combination with two-stage sintering at 1273 K makes it possible to obtain materials with improved thermoelectric characteristics.

Ключевые слова: оксидные термоэлектрики, кобальтит кальция, электропроводность, термо-ЭДС, фактор мощности

Keywords: oxide thermoelectrics, calcium cobaltite, electrical conductivity, thermo-EMF, power factor

Работа промышленных предприятий и автотранспорта сопровождается выделением значительного количества тепла, которое может быть эффективно и непосредственно преобразовано в электрическую энергию при помощи термоэлектродгенераторов (ТЭГ), что открывает доступ к дополнительному альтернативному источнику энергии, а также позволяет решить проблему «теплого загрязнения» окружающей среды. Для создания ТЭГ необходимы термоэлектрики – материалы, характеризующиеся одновременно высокой электропроводностью и термо-ЭДС и низкой теплопроводностью [1]. Традиционными термоэлектрическими материалами являются халькогениды тяжелых металлов [2], которые обладают высокой термоэлектрической добротностью, однако содержат токсичные и дорогостоящие компоненты, а также неустойчивы к окислению атмосферным кислородом, что ограничивает их использование при высокотемпературной термоэлектродконверсии. Указанных недостатков лишены оксидные термоэлектрики, наиболее перспективными среди которых в последнее время являются слоистые кобальтиты натрия Na_xCoO_2 , кальция $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ и висмута–кальция $\text{Bi}_2\text{Ca}_2\text{Co}_{1.7}\text{O}_x$. Перспективной основой для разработки *p*-ветвей термоэлектродгенераторов, функционирующих при повышенных температурах, является слоистый кобальтит кальция $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$. Функциональные (термоэлектрические) характеристики керамики на основе $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ ниже, чем у монокристаллов, но могут быть улучшены при частичном замещении в нем кальция редкоземельными элементами или висмутом или кобальта переходными или тяжелыми элементами, созданием фазовой или химической неоднородности. Фазовая неоднородность в керамике на основе слоистого кобальтита кальция

может быть создана путем отжига керамики при температурах, превышающих температуру перитектоидного разложения фазы $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ (на воздухе $T_{\text{п}} = 1199 \text{ K}$ [3]), варьированием катионной стехиометрии исходной шихты так, чтобы состав керамики выходил за пределы области гомогенности $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$, а также введением в материал на стадии синтеза или спекания второй фазы – простых или сложных оксидов металлов либо частиц благородных металлов. Например, введение в керамику высокопроводящей фазы Ag позволяет значительно повысить величину удельной электропроводности образующихся при этом композитов и, как следствие, улучшить их термоэлектрические характеристики (фактор мощности (P), показатель термоэлектрической добротности (ZT)). Так, по данным [4], величина фактора мощности композита $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}/7.5 \text{ об.}\% \text{ Ag}$ при температуре 1000 K составляет 0,47 мВт/(м·K²), что на 40% выше, чем для керамики $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ без добавки серебра. Однако данный подход приводит к существенному удорожанию образующейся при этом керамики. В связи с этим интересным является выяснение возможности улучшения термоэлектрических свойств керамики на основе слоистого кобальтита кальция путем введения в нее частиц переходных металлов, стоимость которых значительно ниже, чем благородных металлов.

В данной работе с целью разработки термоэлектрических материалов на основе слоистого кобальтита кальция с улучшенными характеристиками получена и исследована композиционная керамика, модифицированная частицами металлической меди, полученная с помощью двухстадийного спекания.

Исходный кобальтит кальция $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ получали методом твердофазных реакций из CaCO_3 (ч.д.а.) и Co_2O_4 (ч.д.а.), которые смешивали при помощи мельницы Pulverizette 6.0 фирмы Fritsch (300 об/мин, 30 мин, добавка – этанол, материал размольного стакана и мелющих шаров – ZrO_2), прессовали в таблетки диаметром 25 мм и высотой 2–3 мм и отжигали на воздухе в течение 12 ч при 1173 K на алундовых подложках. Отожженные на воздухе образцы измельчали в агатовой ступке, подвергали повторному помолу при помощи мельницы, добавляли 3, 6 или 9 мас.% порошкообразной меди. После повторного помола и прессования образцы спекали на воздухе при температурах 1173 в течение 24 ч; 1273 K, 1373 K или 1473 K в течение 6 ч. Поскольку при 1199 K слоистый кобальтит кальция перитектоидно распадается [3], для восстановления ожидаемого в соответствии с диаграммой состояния [3] фазового состава керамики после спекания при температурах 1273 K, 1373 K, 1473 K, ее дополнительно отжигали на воздухе при 1173 K в течение 71 ч. Образцы, содержавшие 9 мас.% Cu при температуре 1473 K исследовать не удалось, поскольку их температура плавления оказалась ниже температуры отжига.

Идентификацию образцов и определение параметров кристаллической структуры основной фазы – $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ – проводили при помощи рентгенофазового анализа (РФА) (рентгеновский дифрактометр Bruker D8 XRD Advance, $\text{CuK}\alpha$ -излучение). Кажущуюся плотность керамики ($\rho_{\text{каж}}$) находили по массе и геометрическим размерам образцов. Для измерения электропроводности из спеченной керамики вырезали образцы в форме прямоугольных параллелепипедов размером 4×4×2 мм. Электропроводность (σ) спеченной керамики измеряли на постоянном токе ($I \approx 50 \text{ mA}$) 4–х контактным методом на воздухе в интервале температур 300–1100 K. Измерения проводили в направлениях параллельном и перпендикулярном оси прессования. Коэффициент термо–ЭДС (S) керамики определяли относительно серебра на воздухе в интервале температур 300–1100 K. Перед измерениями электрофизических свойств на поверхности образцов формировали Ag–электроды путем вжигания серебряной пасты при 1073 K в течение 15 мин. Значения кажущейся энергии активации электропроводности образцов (E_A) рассчитывали из линейных участков зависимостей $\ln(\sigma \cdot T) = f(T)$, а величину фактора мощности (P) керамики вычисляли по формуле $P = S^2 \cdot \sigma$.

На дифрактограммах композитов $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta} + x \text{ мол.}\% \text{ Cu}$ наблюдались отчетливые рефлексы фазы $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ и слабовыраженные рефлексы примесных фаз, принадлежащих, вероятнее всего, меди и ее оксидам, образовавшимся в результате окислительного отжига образцов.

Как видно из результатов исследования, представленных в таблице, кажущаяся плотность керамики варьировалась в пределах 3,03–4,52 г/см³, увеличиваясь с ростом содержания в образцах металлической меди и, в целом, температуры спекания. При этом максимальная плотность наблюдалась для образцов, спеченных при 1373 K.

Таблица

Электротранспортные и термоэлектрические характеристики керамики состава $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta} + x \text{ мас.}\% \text{ Cu}$, спеченной при различных температурах (T)

x	$T, \text{ K}$	$\rho_{\text{каж}}, \text{ г/см}^3$	$\sigma_{1100\perp}, \text{ См/см}$	$\sigma_{1100\parallel}, \text{ См/см}$	$E_{A\perp}, \text{ эВ}$	$E_{A\parallel}, \text{ эВ}$	$S_{1100}, \text{ мкВ/К}$	$P_{1100\perp}, \text{ мкВт/(м}\cdot\text{K}^2)$
3	1173	3,03	45,6	34,5	0,094	0,123	179	146
6		3,20	54,6	39,6	0,086	0,108	186	189
9		3,39	52,7	37,0	0,103	0,106	175	161
3	1273	3,81	82,2	73,0	0,098	0,114	202	335
6		4,14	41,1	35,8	0,095	0,108	188	145

<i>x</i>	<i>T</i> , К	$\rho_{\text{каж}}$, г/см ³	$\sigma_{1100\perp}$, См/см	$\sigma_{1100\parallel}$, См/см	$E_{A\perp}$, эВ	$E_{A\parallel}$, эВ	S_{1100} , мкВ/К	$P_{1100\perp}$, мкВт/(м·К ²)
9		4,26	53,1	55,3	0,096	0,111	175	163
3	1373	4,33	12,2	17,7	0,159	0,204	219	58,5
6		4,46	16,7	16,8	0,308	0,304	202	49,8
9		4,52	12,0	11,0	0,334	0,362	170	34,7
3	1473	3,48	55,1	44,1	0,145	0,204	200	220
6		3,51	62,2	62,2	0,106	0,107	197	241

Удельная электропроводность всех полученных образцов при температурах выше 500 К носила полупроводниковый характер (с ростом температуры увеличивалась) (рисунок). Проводимость образцов, отожженных при 1173 К, 1273 К и 1473 К, измеренная перпендикулярно оси прессования была на 5 – 15 См/см выше, чем проводимость, измеренная в направлении, параллельном оси прессования (таблица, рисунок).

С ростом температуры спекания наблюдалось уменьшение разницы в удельной электропроводности, измеренной в различных направлениях, вплоть до ее обращения для образцов, отожженных при 1373 К. При этом, как видно из рисунка, с ростом содержания меди в образцах степень анизотропии уменьшается и для образцов, содержащих 9 мас.% меди удельная электропроводность практически не зависит от направления измерения.

Удельная электропроводность, как правило, повышалась с ростом плотности образцов (таблица). Наибольшие значения проводимости наблюдали для образцов, отожженных при 1273 К. Энергия активации электропроводности, измеренной перпендикулярно оси прессования, найденная из линейных участков зависимостей $\ln(\sigma \cdot T) = f(1/T)$, менялась в пределах 0,086 – 0,362 эВ и была наименьшей для керамики, спеченной при температуре 1273 К. Энергия активации проводимости, измеренной перпендикулярно оси прессования, была ниже таковой для измеренной в направлении, параллельном оси прессования что говорит о том, что электроперенос перпендикулярно слоям в кобальтите кальция сопряжен с большими сложностями, чем вдоль них.

Значения коэффициента термо-ЭДС во всем изученном интервале температур были положительными, т.е. полученные композиты, как и исходный слоистый кобальтит кальция, были полупроводниками *p*-типа. Значения коэффициента Зеебека при 1100 К менялись в пределах 170 – 219 мкВ/К, увеличиваясь с ростом температуры спекания и уменьшаясь с увеличением содержания меди в образцах. Температурная зависимость коэффициента термо-ЭДС была возрастающей и практически линейной (рисунок). Наибольшее значение коэффициента термо-ЭДС наблюдалось для керамики, содержащей 3 мас.% Cu, спеченной при температуре 1373 К.

С ростом температуры фактор мощности (*P*) образцов менялся симбатно удельной электропроводности. Наибольшее значение фактора мощности наблюдали для керамики, содержащей

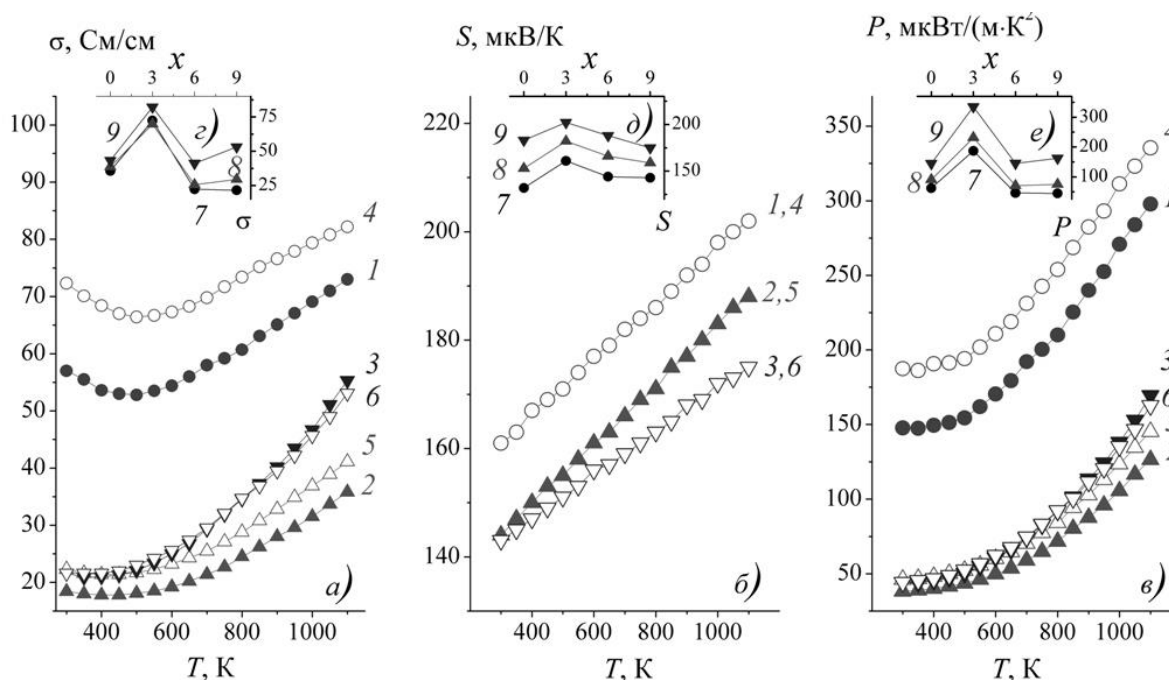


Рис. – Температурные (а–в) и концентрационные (г–е) зависимости удельной электропроводности (σ) (а, г), коэффициента термо-ЭДС (S) (б, д) и фактора мощности (P) (в, е) керамики состава $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta} + x$ мас.% Cu, спеченной при 1273 К: $x = 3$ (1, 4), 6 (2, 5) и 9 (3, 6) в направлении параллельно (1–3) и перпендикулярно (4–6) оси прессования при температурах 300 К (7), 700 К (8) и 1100 К (9)

3 мас.% меди и отожженной при 1273 К, что связано с наибольшими значениями удельной электропроводности данного композита. При 1100 К он составил 335 мкВт/(м·К²), что в 3,4 раза выше фактора мощности немодифицированного Ca₃Co₄O_{9+δ}, получаемого обычным твердофазным способом ($P_{1100} = 100$ мкВт/(м·К²)), и несколько уступает таковому для композита Ca₃Co₄O_{9+δ}+2 мас.% Cu, полученного методом горячего прессования ($P_{1100} = 521$ мкВт/(м·К²)) [5]. Однако, учитывая, что обсуждаемая методика получения композитов не связана с использованием дорогостоящего оборудования, данный способ модификации керамики можно считать перспективным.

Таким образом, полученные нами результаты указывают на возможность значительного улучшения термоэлектрических характеристик керамики на основе Ca₃Co₄O_{9+δ} путем модифицирования ее частицами меди с последующим двухстадийным спеканием. Полученные композиты можно рассматривать в качестве материалов, перспективных для изготовления *p*-ветвей термоэлектрических генераторов, функционирующих при повышенных температурах, что позволит разработать на основе этих материалов новые термоэлектрические устройства, способные с повышенной эффективностью преобразовывать тепловую энергию в электрическую.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» подпрограммы «Материаловедение и технологии материалов» (задание 1.55).

ЛИТЕРАТУРА

1. Иоффе, А. Ф. Полупроводниковые термоэлементы./ А. Ф. Иоффе. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 188 с.
2. CRC Handbook of Thermoelectrics / ed. By D.M. Rowe. – CRC Press, Boca raton, FL, 1995. – 701 р.
3. Woermann, E. Phase Equilibria in the sustem CaO–cobalt oxide in air / E. Woermann, A. Muan // J. Inorg. Nucl. Chem.– 1970.– V. 32.– P. 1455–1459.
4. Xiang, P.–H. Fabrication and Thermoelectric Properties of Ca₃Co₄O₉/Ag Composites / P.–H. Xiang, Y. Kinemuchi, H. Kaga, K. Watari // J. Alloys Compd.– 2008.– V. 454, № 1–2.– P. 364–369.
5. Влияние добавки меди на термоэлектрические свойства слоистого кобальтита кальция, полученного горячим прессованием / А. И. Клындюк [и др.] // Неорган. матер.– 2020.– Т. 56, № 11.– С. 1263–1270.

ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ «ЗЕЛЕННЫХ» УНИВЕРСИТЕТОВ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRINCIPLES WHEN DEVELOPING GREEN UNIVERSITIES

К. М. Мукина, Н. С. Смашный

K. M. Mukina, N. S. Smashny

*«Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского
государственного университета
г. Минск, Республика Беларусь*

*International State Ecological Institute of the Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматривается взаимосвязь «зеленых» университетов и "зеленой" экономики - модели экономического развития, основанной на устойчивом развитии и знании экономики окружающей среды, в соответствии с концепцией распространения знаний в сфере образовательных услуг в области экологического менеджмента и природопользования. Проведен анализ показателей устойчивого развития наиболее известных «зеленых» университетов мира.

The article examines the relationship between "green" universities and "green" economy-a model of economic development based on sustainable development and knowledge of the environmental economy, in accordance with the concept of knowledge dissemination in the field of educational services in the field of ecology management and nature management. The analysis of the indicators of sustainable development of the most famous "green" universities in the world is carried out.

Ключевые слова: устойчивое развитие, "зеленые" университеты, программный подход, энергосбережение, эмиссия парниковых газов, раздельный сбор отходов, экономия воды, развитие экологической инфраструктуры.

Keywords: sustainable development, "green" universities, programmatic approach, energy saving, greenhouse gas emissions, separate waste collection, water saving, development of ecological infrastructure.

Формируя новые экономические возможности, расширяя рамки развития и «озеленения» экономического роста, законодательство Беларуси развивается в сторону гармонизации с европейским и международным законодательством, где приоритеты связаны с социальными, экологическими и экономическими аспектами устойчивого развития, так как "зеленая" экономика направлена на получение многократных преимуществ по всем этим аспектам.

МГЭИ им А.Д. Сахарова БГУ основываясь на «Зеленой» экономике – модели экономического развития, основанная на устойчивом развитии и знании экономики окружающей среды, в соответствии с концепцией реализации инициатив и распространении знаний, подчеркивая важность оценки не только природного, но и социального капитала и совершенствования управления основывается на сфере образовательных услуг в области экологического менеджмента, природопользования и охраны окружающей среды. «Зеленый рост» это не только упор на рост «зеленых» секторов экономики, но и развитие экосистемных услуг в том числе в сфере образования.

МГЭИ им А.Д. Сахарова БГУ является базовой организацией государств-участников Содружества Независимых Государств по экологическому образованию и в плане образовательных услуг считает важным направлением увеличение объема экспорта образовательных услуг.

Также экспорт образовательных услуг осуществляется в Ереванском филиале по специальности «Медицинская экология», Таджикском национальном университете по специальностям первой ступени высшего образования: энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент и медико-биологическое дело, в национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека по специальностям первой ступени высшего образования: медицинская экология и медико-биологическое дело.

Законы рыночных отношений требуют от современных организаций поддержания постоянного баланса между максимально возможным удовлетворением потребностей всех заинтересованных сторон и безусловным соблюдением законодательных и других требований. Достижение и поддержание такого баланса позволяет организациям создать устойчивое и успешное развитие, для которого организации предпочитают внедрять стандартизированные требования систем менеджмента, получивших международное признание.

Устойчивое развитие, по определению ООН, – это такое развитие, которое обеспечивает удовлетворение потребностей настоящего времени, но при этом не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. И идущая на смену старой инновационная энергоэффективная и низкоуглеродная зеленая экономика позволяет реализовать устойчивое развитие. «Зеленый» университет – это, по сути, модель зеленой экономики на базе вуза, модель для формирования экологической культуры, это вуз, который ведет деятельность, направленную на защиту окружающей среды: снижает объемы выбросов углекислого газа, раздельно собирает отходы, экономит воду и электричество, развивает экологическую инфраструктуру. Термин «зеленый» подразумевает все виды деятельности в рамках устойчивого развития.

Проведен анализ «зеленых» университетов мира наиболее пропагандирующих показатели устойчивого развития.

University of Hokkaido (Япония)

Университет Хоккайдо имеет статус корпорации, являясь членом ISCN, занимает лидирующие позиции в области устойчивого развития в системе высшей школы Японии и азиатского региона в целом. Университет имеет отдел по устойчивому развитию, что является новацией в системе университетского управления и призван координировать инициативы всех факультетов. Согласно разработанному Плану действий по созданию устойчивого кампуса, его деятельность включает следующие направления: экологическое образование и просвещение (как внутри университета, так и за его пределами); сотрудничество университета с администрацией города, компаниями и населением; снижение негативного воздействия на окружающую среду и рациональное природопользование на территории кампуса», реализуются проекты по энергосбережению, зелёному строительству, управлению отходами, воспроизводству лесов, распространению знаний об устойчивом развитии, проведению научных исследований и разработке образовательных программ. Для развития экологического образования был создан Центр наук в области устойчивого развития, который организует проведение межфакультетских семинаров по вопросам охраны окружающей среды и экологической этики.

Wageningen University and Research Centre (Голландия)

Отличительными показателями устойчивого развития Вагенингенского университета и научно-исследовательского центра является самостоятельная переработка отходов и очистка воды, также реализует проекты в области энергетики и переработки мусора, целью которых является снижение влияния на климат. Университет ежегодно измеряет свой углеродный след и, по данным за период с 2010 по 2018 год сократил суммарный объем выбросов вдвое. Вырабатывает собственную возобновляемую энергию с помощью солнечных батарей, ветряных мельниц, и других методов, в 2018 году 100% энергии, потребляемой в кампусе, были получены с помощью устойчивых методов.

University of Nottingham (Великобритания)

Ноттингемский университет использовали беспилотники для обследования вьющихся древесных растений и их влияние на углеродный баланс тропических лесов. Университет прививает студентам интерес к экологическим вопросам и активно пропагандирует принципы устойчивого развития в британском обществе, 94% студентов университета готовы перейти на постоянное использование многоразовых стаканов и кружек. Вуз уже заменяет пластиковые трубочки в напитках на бумажные, а кампусные кафетерии предлагают скидку на напитки тем студентам, которые приходят со своими стаканами и кружками.

Shandong Normal University (Китай)

Кампус Шаньдунского нормального университета является самым зеленым и экологичным учебным заведением Азии и первым в Китае кампусом с нулевой эмиссией который не выделяет никакие отходы и загрязняющие вещества которые влияют на окружающую среду и климат. Вуз сокращает выброс углекислого газа за счет использования солнечных батарей, освещения с сенсором движения, а также переработки старой одежды и книг студентов и сотрудников. Университет достиг создания экологичного и энергосберегающего кампуса, для снижения потребления бумаги практикуют двухстороннюю печать, отказались от пластиковых пакетов и одноразовых стаканчиков.

University College Cork (Ирландия)

Университетский колледж Корк первым в Ирландии открыл кафе без пластика, которое за 3 месяца работы сократило использование одноразовых пластиковых предметов в стране на 20 тысяч единиц, входит в топ-10 зеленых вузов мира и стал первым вузом Европы, получившим награду «золотая звезда» от Ассоциации по продвижению устойчивого развития в высшем образовании и достижениям в области сокращения пластиковых отходов, бумажной печати и выбросов углерода.

Colorado State University (США)

Государственный университет Колорадо привержен принципам устойчивого развития и имеет «платиновый рейтинг» в рамках системы STARS, измеряющей уровень устойчивого развития в вузах. Вуз признан самым зеленым учебным заведением в США по версии BestColleges.com. Кампус университета оборудован системой однопотоковой переработки, включает в себя 26 зданий, сертифицированных по стандарту LEED, оборудован точками зарядки электромобилей и университет предлагает студентам множество программ, связанных с охраной окружающей среды и устойчивым развитием.

Université de Sherbrooke (Канада)

Шербрукский университет является самым зеленым университетом Канады, вуз придерживается принципов экологичности и плана устойчивого развития на 2018-2022 год. Вуз имеет лучшие оценки за эффективное расходование энергии и управление климатическими изменениями. Перспективными планами Шербрукского университета является открытие нового крупнейшего в Канаде солнечного парка, который станет центром исследований в области использования солнечной энергии. Кампусная жизнь вуза также придерживается принципов устойчивого развития: пользуются экологически чистым транспортом и перерабатывают отходы.

University of São Paulo (Бразилия)

Бразильский Университет Сан-Паулу является самым экологичным учебным заведением Южной Америки. Вуз вошел в зеленый рейтинг *UI GreenMetric World University Ranking 2018* и получил наивысшие баллы в категории «расположение и инфраструктура». Были отмечены многочисленные зеленые зоны в кампусе вуза. В структуру университета включена должность старшего управляющего по охране окружающей среды, который занимается разработкой и реализацией инициатив в области устойчивого развития. Основной подобной инициативой вуза является программа USP Recicla, в рамках которой университет должен заняться переработкой отходов.

«Зеленые вузы России»

В России также имеются **ТОП-10 вузов программы «Зеленые вузы России»**. Всероссийская программа **«Зеленые вузы России»** направлена на реализацию студенческих экологических инициатив и развитие «зеленого» администрирования на базе вузов-участников. В рамках программы проходят всероссийские студенческие квесты, в которых приняли участие более 50 тысяч студентов из более 300 российских вузов.

По итогам квестов была создана **Ассоциация зеленых вузов России** - общероссийское молодежное экологическое объединение университетов, внедряющих на своей базе экологические практики и принципы устойчивого развития. В состав Ассоциации входят команды 85 российских вузов, среди которых – МГИМО, СПбГУ, РУДН, НИУ ВШЭ и другие [1].

В Беларуси так же есть зелёные университеты к ним относятся МГЛУ и несколько факультетов БГУ (ФМО, Истфак, МГЭИ им. А. Д. Сахарова).

В результате анализа «зеленых» университетов мира следует отметить, что за последние 10 – 20 лет накопилась достаточно репрезентативная база наблюдений различных систем ранжирования вузов по показателям устойчивости. К основным из них относятся:

- STARS – The Sustainability, Tracking, Assessment and Rating System (США);
- AISHE – Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education (Великобритания);
- ARISE – Assessing Responsibility in Sustainable Education (базируется на системе ISO 26000);
- WUR – Green Metric World University Ranking (Индонезия).

Рейтинги варьируются по методологии оценки, составу и приоритетности показателей. При этом само понятие «устойчивость» применительно к системе высшего образования всё ещё продолжает уточняться [2].

Большинство университетов Европы и Северной Америки вовлечены в реализацию зелёных инициатив посредством экологической политики, разработки планов действий по переходу на принципы устойчивости, переосмысления. Свыше 1000 академических институтов присоединились к рамочным международным декларациям по внедрению принципов устойчивого развития в высшем образовании, включая разработку образовательных программ (High Education for Sustainable Development) [3; 4].

Программы устойчивого развития университетов зависят от особенностей национального законодательства, роли вуза в подготовке специалистов для региона или государства в целом, университетских традиций, особенностей размещения кампуса, наличие сертифицированных системы управления и т.д. Также признано, что устойчивость следует оценивать в трёх измерениях: социальном, экономическом и экологическом [5]. Поэтому программы устойчивого развития зарубежных университетов, как правило, включают: устойчивый или «зелёный» кампус, изменение системы управления, включение в образовательный процесс и научные исследования, взаимодействия с внешней средой, общественными организациями, предприятиями и органами управления. Успех проекта во многом определяется уровнем финансовой обеспеченности. В ряде стран устойчивость вузов поддерживается средне- и долгосрочными государственными программами. Например, Министерство образования, культуры, спорта, науки и техники Японии интегрировало цели устойчивого развития и концепцию устойчивого кампуса в пятилетние планы развития материальной базы национальных университетов-корпораций. Как показывают исследования, для

реализации инициатив по устойчивому развитию в вузе наличие опыта или своевременный старт проекта не столь важны. Ключевыми факторами успеха являются:

- привлечение к реализации проекта большого числа участников, представляющих различные сообщества (студенты, академический и неакадемический персонал, внешние партнёры, органы управления, бизнесструктуры). Отсутствие достаточного числа участников интерпретируется как неудача проекта;
- активное взаимодействие преподавателей с администрацией;
- позитивное отношение участников, их вовлечённость в реализацию большого проекта;
- поддержка со стороны руководителей учреждения, которые должны применять соответствующие материальные или нематериальные стимулы;
- правильный выбор цели; цели должны быть не только чётко сформулированы, но и соответствовать реальным проблемам, заботящим людей. Задачи проекта должны быть достижимы и иметь конкретные значения [6].

Следует ожидать, что показатели в перспективе будут совершенствоваться, в том числе – за счёт более активного внедрения результатов экологической политики вузов, включая ресурсосбережение, эмиссию парниковых газов, эффективное землепользование и водопользование, которые в настоящее время не находятся в фокусе интересов менеджмента высшего образования [7]. Развитие систем оценки устойчивости вузов позволит ввести их результаты в ведущие мировые рейтинги университетов. Следовательно переход системы высшего образования на принципы устойчивого развития является одним из главных трендов, а имеющийся опыт может быть использован при разработке национальной концепции устойчивого развития высшей школы Беларуси.

Ввиду того, что МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ является ведущим ВУЗом стран СНГ по экологическому образованию и в соответствии со стратегией развития института считается целесообразным провести регистрацию МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ в UI GreenMetric World University Rankings. Для получения МГЭИ имени А. Д. Сахарова статуса «зеленого» института необходимо разработать перспективный план мероприятий основными из которых являются:

- изучить международную практику, в том числе системы STARS, измеряющей уровень устойчивого развития в вузах, разработать концепцию и принципы «зеленого» университета и подготовить предложения в совместный международный проект (Беларусь – РФ – Казахстан – Австрия) для реализации «зеленых» инициатив для учреждений образования;
- провести анализ и выбрать индикаторы, характеризующие «зеленые университеты», в том числе выделить и охарактеризовать международные, национальные и локальные индикаторы «зеленого университета», характеризующие МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ;
- разработать план мероприятий по привлечению студентов к формированию «зеленого» имиджа института и реализации «зеленых» принципов на ближайшие годы;
- разработать механизмы финансовой оценки и поддержки студенческих «зеленых» инициатив;
- разработать и применить подходы, направленные на формирование имиджа «зеленого» института на сайте и в социальных сетях МГЭИ имени А.Д. Сахарова БГУ;
- провести регистрацию МГЭИ имени А.Д. Сахарова БГУ в UI GreenMetric World University Rankings;
- представить к обсуждению комплекс «зеленых» индикаторов для включения в программу развития МГЭИ имени А.Д. Сахарова БГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ассоциация «зелёных» вузов России [Электронный ресурс]. — <http://xn--b1afahey9d3de.xn--p1ai/>
2. Critical review of a global campus sustainability ranking: GreenMetric/ Lauder A. [et al.]. – Journal of Cleaner Production, 2015. – 852 pp.
3. University research for sustainable development: definition and characteristics explored /Waas T.[et al.] – Journal of Cleaner Production. 2010. – 636 pp.
4. Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system /Lozano R.[et al.]. – Journal of Cleaner Production, 2013. – 19 pp.
5. Sustainable universities – a study of critical success factors for participatory approaches /Disterheft A. [et al.]. – Journal of Cleaner Production, 2015. –21 pp.

УДК 631.474: 502.13

МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ О СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**MONITORING NATURAL RESOURCES BASED ON KNOWLEDGE OF TOPSOIL COVER STRUCTURE****В. Л. Андреева****V. L. Andreeva**

*Белорусский государственный университет имени Максима Танка
г. Минск, Республика Беларусь
diversity75@ mail.ru*

*Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank
Minsk, Republic of Belarus*

В работе приводится пример выделения геосистемы (типа земель) на основе знаний о структуре почвенного покрова. Выделенная геосистема может быть использована в качестве пространственной единицы. Она универсальна. Содержит и сохраняет информацию об окружающей среде (рельефе, литологии, геоморфологии, особенностях увлажнения, плодородии). Её предлагается его использовать в качестве пространственной единицы для изучения почвенно-ресурсного потенциала территории и мониторинга земель, выделенных в своих естественных границах.

The article provides an example of the allocation of a geosystem (type of land) based on knowledge of the structure of the topsoil cover. The selected geosystem can be use as a spatial unit. It is versatile. Contains and stores information about the environment (relief, lithology, geomorphology, moisture characteristics and fertility). It is propose to use it as a spatial unit for studying the soil-resource potential of the territory and monitoring the lands allocated within their natural boundaries.

Ключевые слова: рациональное природопользование, мониторинг земель, природно-ресурсный потенциал, тип земель, почвенная комбинация, бонитировка почв.

Keywords: rational nature management, land monitoring, natural resource potential, land type, soil combination, soil appraisal.

Одним из принципов стратегии устойчивого развития Республики Беларусь является рациональное природопользование, выражающиеся в сокращении доли невозобновимых и сохранения условий для возобновимых природных ресурсов. Такой подход в природопользовании предполагает применение единой методики выделения, инвентаризации, оценки и прогноза последующего развития природных ресурсов.

В настоящее время учет природных, в том числе почвенно-земельных ресурсов, осуществляется в административных границах. При этом не указываются потенциальные возможности использования природных ресурсов.

На наш взгляд, данные проблемы могут быть разрешены при использовании в разработке основ современного рационального природопользования универсальных единиц пространственного измерения.

В качестве единиц природопользования предлагается использовать почвенные комбинации (ПК). Они представляют собой закономерно организованные сочетания элементарных почвенных ареалов, выделенные по компонентному составу (перечню разновидностей почв с долей их участия в комбинации, выраженных в процентах) и форме (геометрии) ареалов, образующих на почвенных картах характерный, повторяющийся в пространстве рисунок почвенного покрова [1].

В исследованиях почвенного покрова мысль о закономерной организованности почвенных сочетаний, ассоциаций – почвенных комбинаций зародилась в начале XX века. Она нашла отражение в трудах С. С. Неуструева (1915), Дж. Мильна (1935) и других. Наиболее полно и систематизировано учение о почвенных комбинациях и структуре почвенного покрова изложено В. М. Фридландом (1964, 1972). Состав почвенных разновидностей и рисунок почвенного покрова достаточно устойчив в природной среде. ПК содержат

информацию о рельефе, геоморфологии, литологии земель, гидрологических особенностях. Следовательно, ПК по причине внутренней организации и устойчивости можно представляет собой геосистему, её можно рассматривать как объект хранения информации о природной среде и соответственно использовать в качестве единиц для осуществления мониторинга.

Почвенная комбинация в производственном выражении представляет собой тип земель (ТЗ). В качестве методологической основы для выделения типов земель применялся системный подход, основанный на анализе структур почвенного покрова. ТЗ выделяется на крупномасштабных и среднемасштабных картах.

Согласно методике [1], каждый тип земель изначально подразделяется по орографическому признаку на относительные повышения, где преобладает сток вещества – водоразделы и депрессии – в них характерны явления накопления вещества. При этом для каждой группы ТЗ присваивается свой код, так первой группе – (1.*.*), второй – (2.*.*). Отдельной категорией рассматриваются поймы (3.*.*). Выделяют водоразделы фрагментарные с «сетчатым» (1.1.*), выпуклые с «лопастным» (1.2.*.) и плоские с «пятнистым» рисунком почвенного покрова (1.3.*.) и депрессии: долинообразные с «полосчатым» (2.1.*.) и озеровидные (2.2.*.) с «концентрическим» строением почвенного покрова. Каждый ТЗ подразделяется по количеству переувлажненных почв (менее или более 30% подобных почв) также по относительной и высоте на высокие (1.*.1.*) и низкие – (1.*.2.*) водоразделы или на неглубокие (2.*.1.*) и глубокие (2.*.2.*) депрессии, по преобладанию в составе структуры почвенного покрова минеральных заболоченных и торфяных разновидностей почв. Кроме того всё разнообразие почвообразующих пород было сведено в группы по гранулометрическому и минералогическому составу: 1) рыхлые и двучленные без водоупора (супеси и пески, в том числе супеси и суглинки, подстилаемые песками (*.*.1)); 2) двучленные с водоупором и суглинки – супеси или пески, подстилаемые с глубины менее 1,0 м мореной (*.*.2); 3) моренные суглинки (*.*.3); 4) торф разных типов и мощности (*.*.4). Корректировка границ ПК производилась по картам растительности (М 1: 25000).

Карты ТЗ, выполненные на основе структуры почвенного покрова, с указанием как площади, так и характеристик типов земель составлены для разных регионов Республики Беларусь. Идентичные ТЗ были выделены повсеместно. При этом ключевые участки были выбраны как для природоохранных территорий (Березинский биосферный заповедник, Национальный парк «Браславские озёра», Национальный парк «Нарочанский» и др.), так и для производственных областей [2-5], в том числе для мелиоративных объектов.

Так, в границах Березинского заповедника, который представляет собой пример эталонной территории бореальной лесной зоны были выделены несколько десятков типов земель. Среди них распространены моренно-зандровые равнины, неглубоко расчлененные ложбинами стока, где сочетаются дерново-подзолистые автоморфные и дерново-подзолистые глееватые почвы. Этот ТЗ представляет собой водораздел выпуклый высокий на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины до 1,0 м мореной. Код 1.2.1.2. Для каждого ТЗ в легендах карт прописана формула почвенной комбинации: ДПБ040+ДПБ150+ДПБ210. Данный тип земель представляет собой сочетание почв из 40% дерново-подзолистых оглеенных на контакте, 50% дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных, 10% дерново-подзолистых глееватых. Данную формулу использовали для расчёта средневзвешенного балла бонитета ТЗ. Он показал довольно высокий балл (43), что указывает на использование данного ТЗ под пашню. Для каждого типа земель была также описана формула типов леса. В границах данного ТЗ характерны сосновые мшистые и кисличные леса чередующиеся с березовыми кисличными и орляковыми типами леса.

Близкий ТЗ чуть с более низким баллом плодородия, по причине опасности водной эрозии, выделен в более северных районах – Браславском, Шумилинском, в центральной части – в Минском районе, а также в южных частях Беларуси, в том числе в Национальном парке «Беловежская пушка». Сходство характеристик ТЗ подтверждается и географическими особенностями геосистем (лопастным рисунком структуры почвенного покрова и соотношением доли автоморфных и полугидроморфных почв), и их балльной характеристикой.

Можно предположить, что выделенные однотипные геосистемы будут иметь сходную реакцию на антропогенное воздействие, в связи с чем, в пределах одной геосистемы будет достаточно проводить расширенное изучение, а в аналогичных иметь только контрольные объекты для наблюдений. Этот метод позволяет более рационально использовать финансовые средства, для выделения пунктов наблюдения за состоянием среды в рамках проведения мониторинга растительности и почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кауричев, И. С. Структура почвенного покрова и типизация земель / И. С. Кауричев, Т. А. Романова, Н. П. Сорокина. – Москва, 1992. – 151 с.
2. Романова, М. Л. Структура почвенного покрова и геосистемы Березинского биосферного заповедника / М. Л. Романова, В. Л. Андреева // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 543–549.
3. Червань, А.Н. Геосистемный подход к организации природопользования в переувлажненных агроландшафтах (на примере СПК «Ловжанский» Витебской области Беларуси) / Романова Т.А., Лисецкий Ф.Н., Нарожняя А.Г. // Науч. ведомости Белгород.государ. ун-та. – Сер. Естеств. науки. – 2016. – Вып. 37. – № 25 (246). – С. 143–155.

4. Андреева, В. Л. Оценка типов земель АБС «Зеленое» / В. Л. Андреева, А. А. Кузьмич // Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 26–30 июня 2017 г.. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии –. 2017. – С. 11–13.
5. Червань, А.Н. Применение геосистемного подхода к анализу структуры почвенного покрова в отношении задач сельского и лесного хозяйства / А. Н. Червань, М. Л. Романова, В. Л. Андреева, И. А. Ефимова // Труды БГТУ. – Сер. 1. – 2019. – № 1. – С .5–9.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

УДК 551.509.313

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ (ВИТЕБСКАЯ, МОГИЛЕВСКАЯ И ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТИ)

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE FOR THE TRANSPORT INDUSTRY OF THE ECONOMY (VITEBSK, MOGILEV AND GOMEL REGIONS)

Н. Н. Клевец

N. N. Kliavets

*Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии,
контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»
г. Минск, Республика Беларусь
natakliavets@gmail.com*

*State institution «Republican Center for Hydrometeorology,
Radioactive Pollution Control and Environmental Monitoring»
Minsk, Republic of Belarus*

Современное изменение климата оказывает влияние на отрасли экономики, население, окружающую среду. Климатические условия оказывают непосредственное влияние на транспортную отрасль. Для проведения расчетных оценок изменчивости климатических характеристик применительно к транспортной отрасли необходим расчет будущих значений характеристик термического режима и режима увлажнения.

Modern climate change has an impact on sectors of the economy, population, and the environment. Climatic conditions have a direct impact on the transport industry. The calculation of future values of thermal and humidification characteristics is necessary for the calculation of climatic variability in the transport industry.

Ключевые слова: адаптация; транспортная отрасль; изменение климата.

Keywords: adaptation; transport industry; climate change.

Транспортная отрасль является одной из основных отраслей экономики в Республике Беларусь. Она – связующее звено между производственной и социальной сферами. В ней, в среднем, занято 6 – 7 % трудоспособного населения. В 2019 году транспорт перевез 1995,0 млн. пассажиров [1].

Транспорт в Республике Беларусь представлен автомобильным, железнодорожным, авиационным, водным и трубопроводным видами [1]. Для поддержания функциональности всех видов транспорта отрасль также включает различные хозяйственные организации.

Суммарная протяженность автомобильных дорог общего пользования на территории трех областей составляет 41146 км, плотность дорожного покрытия – 37 км на 100 км². По областям наибольшая плотность дорожного покрытия отмечается на территории Витебской области – 45 км на 100 км², наименьшая – Гомельской – 31 км на 100 км². В Могилевской области плотность дорожного покрытия составляет 37 км на 100 км² [1].

Изменения климата оказывают непосредственное воздействие на транспортную отрасль. Климатические условия существенно влияют на пропускную и провозную способность наземного, водного и воздушного транспорта, от них зависит долговечность путей сообщения (автомобильных дорог, железнодорожных путей, трубопроводов и т.д.) и безопасность пассажиров. Планирование ремонтных работ также во многом зависит от метеорологических условий.

Расширение климатологического обеспечения транспортной отрасли является одним из важных способов снижения случаев дорожных происшествий, треть которых происходит из-за неблагоприятных и опасных погодных явлений.

Данная работа выполнена в рамках Программы Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства» на 2017 – 2021 гг. Разработка рекомендаций по адаптации к изменению климата для транспортной отрасли осуществлялась для территории Витебской, Могилевской и Гомельской областей.

Для проведения расчетных оценок изменчивости климатических характеристик применительно к транспортной отрасли была использована высокоразрешающая система регионального моделирования ГГО им. Воейкова Росгидромета, позволяющая рассчитать будущие значения климатических характеристик (ансамблевый прогноз). Информация, полученная на основании данного ансамблевого прогноза, позволяет провести комплексную оценку воздействий климатических изменений на транспортную отрасль, ожидаемых до конца 21 века. Данный сценарий учитывает эмиссию парниковых газов по сценарию выбросов RCP 8.5, согласно которому выбросы будут расти в течение столетия [2].

Современные климатические модели позволяют рассчитать будущие изменения температурных характеристик и характеристик режима увлажнения. Исходным периодом для расчета является 1981 – 2010 гг. (климатическая норма), прогноз рассчитывался для трех десятилетних периодов: 2030 – 2039 гг., 2050 – 2059 гг., 2090 – 2099 гг. В результате расчетов были получены будущие значения климатических характеристик, проведена оценка их влияния на транспортную отрасль экономики.

Влияние изменения климата на транспортную отрасль экономики

Процесс современного изменения климата может иметь разнообразные последствия для транспортной отрасли, различающиеся в зависимости от вида транспорта, климатического индекса, оказывающего влияние и т.д. Спрос на транспортные перевозки во многом зависит от роста экономики, развития торговых отношений, увеличения численности населения. Для территории Беларуси характерна развитая сеть автомобильных и железных дорог, существует авиационное и речное транспортное сообщение.

Низкие температуры воздуха отрицательно сказываются на состоянии дорожного покрытия, вызывают его пучения и разрывы. Также под влиянием низких температур воздуха происходит укорачивание рельсов, нарушение изоляции стыков [2]. На анализируемой территории отмечается от 1,1 (Гомель) до 3,6 (Езерище) дней в году с минимальной температурой воздуха -25°C и ниже. Согласно расчетным оценкам, уже к 2030 – 2039 гг. скорее всего не будет отмечаться понижения минимальных температур воздуха до значений -25°C и ниже.

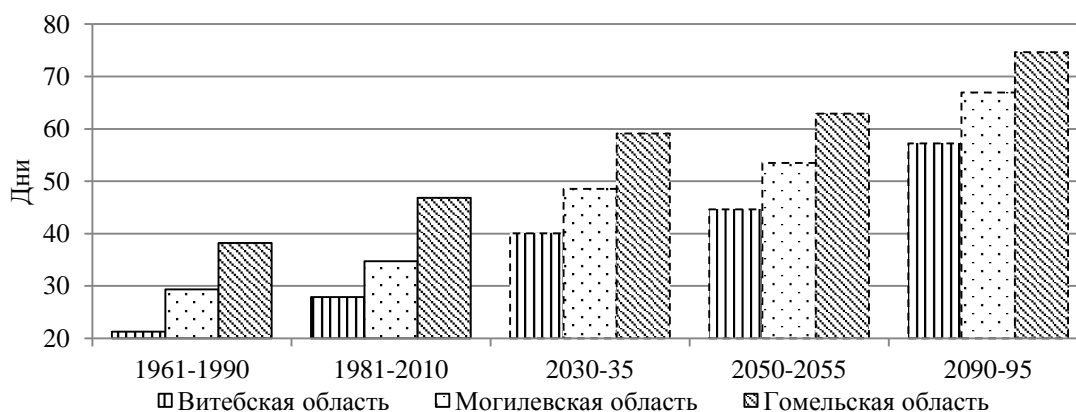


Рис. 1. – Изменение количества дней с температурой воздуха равной и выше $+25^{\circ}\text{C}$

Количество жарких дней (дней с температурой воздуха $+25^{\circ}\text{C}$ и выше) находится в пределах от 25 (Езерище, Верхнедвинск) до 49 (Василевичи). Ожидается, что уже к середине столетия число жарких дней увеличится на 10–15, а к концу столетия на 25–35 дней (рисунок 1).

Увеличение количества дней с экстремально высокими температурами воздуха негативно сказывается на качестве дорожного покрытия, которое в условиях высоких температур воздуха деформируется (размягчается) и, как следствие, ухудшаются его эксплуатационные качества, увеличивается риск возникновения аварийных ситуаций. Высокие температуры воздуха также негативно влияют на функционирование железнодорожного транспорта: при высоких температурах воздуха происходит перегрев

и деформация рельсов. При повышении температуры воздуха до 30°C и более выходит из строя служба сигнализации и связи. При превышении значения температуры воздуха +25°C и выше передаваемая мощность электроэнергии уменьшается на 2,25%/1°C. [3].

В течение года суточный максимум осадков изменяется в широких пределах: от 12 мм в феврале (Верхнедвинск) до 115 мм в июле (Житковичи). Согласно данным моделирования к концу столетия ожидается увеличение суточных максимумов осадков на величину 20 мм и более. А к середине столетия суточные максимумы осадков увеличатся на 11 – 15 мм. Наиболее интенсивный рост будет отмечаться в теплое время года (с апреля по октябрь). За зимний сезон в среднем выпадает от 89 мм (Брагин) до 156 мм (Лынтупы). Наибольший рост осадков будет характерен для Витебской и Гомельской областей.

Рост количества осадков в зимний сезон и увеличение их суточных максимумов снизит уровень безопасности дорожного движения, потребует принятия дополнительных мер по его повышению. Из-за увеличения повторяемости снегопадов, ливневых осадков и случаев выпадения мокрого снега увеличатся эксплуатационные расходы на содержание автомобильных дорог [3].



Рис. 2. – Повторяемость опасных явлений, нанесших ущерб транспортной отрасли, от общего количества ОЯ по областям (а - Витебская область; б – Могилевская область; в – Гомельская область)

Анализ погодно-климатических рисков для транспортной отрасли экономики

При разработке рекомендаций по адаптации к изменению климата необходим учет погодно-климатических рисков. Негативные последствия от опасных явлений погоды (ОЯ) практически всегда очевидны и ущерб от них можно оценить в максимально короткие сроки. Механизм оценки рисков, обусловленных изменением климата, более сложен, в том числе и для транспортной отрасли экономики.

В среднем в год на территории Витебской, Могилевской и Гомельской областей отмечается от 4 (Могилевская область) до 6 ОЯ (Витебская область).

Из всех случаев ОЯ, отмеченных на территории анализируемых областей, от 6 до 10% оказывают негативное влияние на транспортную отрасль (размывы дорог и железнодорожных насыпей, повреждение дорожного покрытия, разрушение мостов, затруднение движения железнодорожного и автомобильного транспорта, обрывы ЛЭП). Наибольшее количество ОЯ, нанесших ущерб для транспортной отрасли, отмечается на территории Витебской и Могилевской областей (рисунок 2).

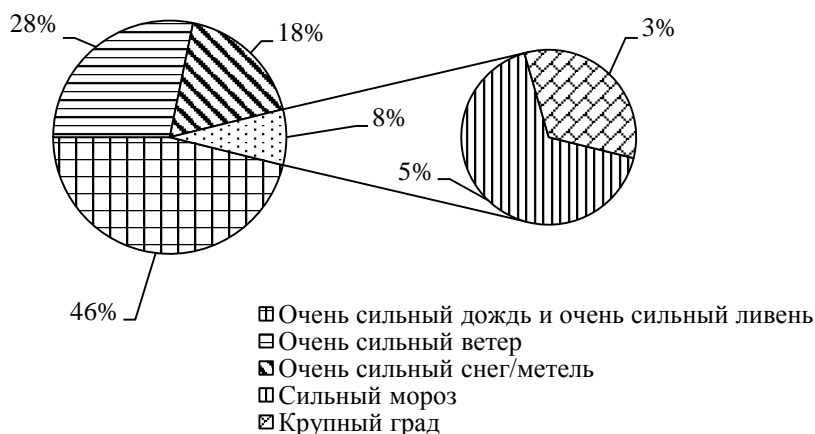


Рис. 3. – Виды опасных явлений (%), нанесших ущерб транспортной отрасли на территории Витебской, Могилевской и Гомельской областей

Наибольший ущерб для транспортной отрасли отмечается при выпадении очень сильных дождей или очень сильных ливней. На данный вид ОЯ приходится 46 % случаев от всех ОЯ (рисунок 3), которые оказали негативное воздействие. При выпадении опасных осадков отмечаются случаи размыва дорог (как грунтовых, так и с твердым покрытием) и железнодорожных насыпей, размывы опор мостов и т.д. На усиление скорости ветра до 25 м/с и выше (очень сильный ветер) приходится 28 % ОЯ, последствия которого приводят к ущербу. При очень сильном ветре отмечаются обрывы электропроводов, завалы деревьев, (препятствуют движению транспорта, возможно повреждение автомобилей падающими деревьями и т.д.). Очень сильный снег и метель способствуют возникновению снежных заносов на автомобильных дорогах и железнодорожных путях, замедлению либо приостановке движения. 18 % ОЯ, нанесших ущерб транспортной отрасли, приходится на данные виды. Очень сильный мороз и крупный град имеют меньшую повторяемость и, как следствие, 8% ОЯ приходится на данные явления. При понижении температуры воздуха до -35°C и ниже отмечаются случаи разрыва рельс, град большого диаметра может повреждать транспортные средства.

Для количественной оценки уязвимости территории от изменения климата была использована методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов, разработанная в Гидрометеорологическом научно-исследовательском центре РФ Оганесяном В.В. [4].

Безразмерный индекс климатической уязвимости для анализируемой территории изменяется от 32,0 (Сенно) до 45,2 (Житковичи). В среднем по областям наименьшее значение индекса характерно для Могилевской области (35,6), наибольшее – для Гомельской (40,5). Наибольший вклад в значение индекса вносят осадки. Так их соотношение изменяется от 15,4 (Сенно) до 30,2 (Житковичи). На втором месте по вкладу в безразмерный индекс является ветер, на третьем – температура воздуха. По вкладу климатических параметров в значение индекса можно судить о степени их влияния на экономику и население вследствие изменения климата.

Рекомендации по адаптации транспортной отрасли к изменению климата

Изменение климата, которое наблюдается в настоящее время, уже воздействует на транспортную отрасль страны. Прогнозируемые изменения климата будут иметь скорее негативное, чем позитивное влияние на состояние транспортной отрасли. На основании проведенной оценки влияния изменений климата для данной отрасли, а также подверженности территорий рискам от опасных явлений погоды и изменения климата, Белгидрометом разработаны следующие рекомендации по адаптации:

- необходимо учитывать будущие изменения климата и те тенденции, которые отмечаются за последние 30 лет на стадии проектирования и выбора места расположения автомобильных и железных дорог, выбора типа дорожного покрытия, места расположения трубопровода и т.д.;

- в связи с тем, что наиболее негативное влияние на транспортную отрасль оказывают опасные осадки, возникает потребность в улучшении качества дорожного покрытия, замене грунтовых дорог;

- рост суточных максимумов температуры воздуха и увеличение их повторяемости негативно сказывается на качестве дорожного покрытия и на функционирование железнодорожного транспорта. При выборе типов дорожного покрытия/укладке железнодорожных рельсов важно учитывать данную тенденцию;

- негативное влияние изменения климата и опасных явлений погоды практически в равной степени отмечается на территории всех трех областей. Исходя из плотности дорожного покрытия и процента ОЯ, нанесших ущерб, транспортная система Витебской области подвержена наибольшим рискам от ОЯ. В то же время территория Гомельской области наиболее уязвима от последствий изменения климата. Для эффективного функционирования и развития транспортной отрасли будет целесообразной разработка профильными организациями плана по адаптации транспортной отрасли каждой из областей к изменению климата с учетом их особенностей;

- совершенствование системы прогнозирования и предупреждения об ОЯ, оказывающих наибольшее негативное влияние на транспорт, и принятие эффективных мер реагирования.

Исходя из вышеизложенного материала, становится очевидным, что негативное влияние изменения климата на транспортную инфраструктуру очевидно, и разработка плана адаптации транспортной отрасли к изменению климата – необходимый шаг для уменьшения экономических потерь транспортной отрасли и создания безопасных условий движения транспорта и уменьшения рисков и потерь среди населения.

Планы адаптации к ожидаемым изменениям климата в 21-м веке должны быть взаимосогласованы как на отраслевом уровне, так и на региональном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 10.02.2020.
2. IPCC, 2014a: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contributions of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
3. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами под редакцией д-ра геогр. наук, профессора Н.В.Кобышевой. – СПб., 2009. – 336 с.

4. Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов. Оганесян В.В.// Труды Гидрометцентра России, вып. 366. – С. 158–165. – 324 с.

УДК 504.064.2

**АНАЛИЗ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
ПОТРЕБНОСТЕЙ И ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
И УСЛОВИЙ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**ANALYZE OF PARIZH AGREEMENTS CONCERNING CAPACITY OF GAPS
AND NEEDS RELATED TO CLIMATE CHANGE AND TERMS FOR ITS
IMPLEMENTATION IN BELARUS**

О. И. Родькин

A. I. Rodzkin

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
aleh.rodzkin@rambler.ru*

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Потребности и проблемы, связанные с изменением климата, включены в Парижские соглашения и ряд программных документов стран-сторон рамочной конвенции ООН по климату. Их можно разделить на базовые, которые касаются основополагающих ключевых вопросов и секторальные связанные с вопросами изменения климата для отдельных секторов экономики. Республика Беларусь является страной, в которой проблемы и потребности, связанные с изменением климата, находятся под постоянным контролем и стратегия и конкретные методы их решения включены в ряд программных документов и нормативных правовых актов. Тем не менее, как показывает анализ соответствия национальных потребностей пунктам Парижского соглашения и опыту развитых стран, существует ряд аспектов этой проблемы, которые могут и должны быть улучшены. В первую очередь, это касается потребностей, связанных с вопросами адаптации к изменению климата, просвещения и подготовки кадров, развития сектора ЗИЗЛХ, минимизации потерь и ущерба, связанных с неблагоприятными воздействиями изменения климата для отдельных секторов экономики.

Gaps and needs related to climate change are included in Paris Agreements also and in other programmer documents of countries – partners of the frame UN Climate Convention. Gaps and needs may be divide for basic, which include strategic key aspects and branch which concerns of aspects of specific sectors of economy as the result of climate change. Belarus is a country which provide constant control of gaps and needs concerned with climate change. The methods of control are included in some programmer documents and normative acts. Nevertheless, if to learn experience of developed counties in this field it is possible to find some problems which must be improved. The first, they are gaps and needs which concerns aspects of adaptation to climate change, education, information and multiplication of knowledge, development of LULUCF sector, minimization of damage as result of climate change for specific sectors of economy

Ключевые слова: климатические изменения, Парижские соглашения, потребности, проблемы, адаптация к изменению климата, парниковые газы, экономика.

Key words: climate change, Paris agreements, gaps, needs, adaptation to climate change, greenhouse gases, economy.

Потребности и проблемы, решение которых является необходимым элементом для оценки и контроля климатических изменений, можно условно разделить на базовые или стратегические и секторальные или отраслевые.

Базовые проблемы и потребности были сформулированы в ряде статей Парижского соглашения, принятого на 21-й сессии Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций 12 декабря 2015 г [1]. Решения конференции в свою очередь послужили основой для оценки потребностей и

проблем для ряда отдельных секторов экономики в свете климатических изменений. Анализ этих проблем, оценки их соответствия и условий выполнения в Республике Беларусь представлен в данной публикации.

Базовые потребности и проблемы

К числу базовых потребностей и проблем, которые должны послужить основой для оценки и анализа проблем на местном уровне, а также разработки программы действий по их выполнению можно отнести следующие пункты Парижского соглашения.

- удержание прироста глобальной средней температуры намного ниже 2°C сверх доиндустриальных уровней и приложения усилий в целях ограничения роста температуры до 1,5°C;

- повышение способности адаптироваться к неблагоприятным воздействиям изменения климата и содействия сопротивляемости к изменению климата и развитию при низком уровне выбросов парниковых газов таким образом, который не ставит под угрозу производство продовольствия;

- приведение финансовых потоков в соответствие с траекторией в направлении развития, характеризующегося низким уровнем выбросов и сопротивляемостью к изменению климата.

- стимулирование деятельности, связанной с сокращением выбросов в результате обезлесения и деградации лесов и с ролью сохранения лесов, устойчивого управления лесами и увеличения накоплений углерода в лесах и альтернативных политических подходов, таких как подходы, сочетающие предотвращение изменения климата и адаптацию, в целях комплексного и устойчивого управления лесами.

- деятельность в области адаптации должна опираться на инициативу стран, учет гендерных аспектов, широкое участие и полностью транспарентный подход, принимая во внимание уязвимые группы, общины и экосистемы, и основываться на наилучших имеющихся научных знаниях.

- необходимо углублять научные знания о климате, включая исследования, систематическое наблюдение климатической системы и системы раннего предупреждения, таким образом, чтобы создать информационную основу для климатических услуг;

- планирование и осуществление действий в области адаптации, включая разработку или укрепление соответствующих планов, политики и/или вкладов;

- надлежащее представление и периодическое обновление программной документации по вопросам адаптации, которая может включать ее приоритеты, потребности в осуществлении поддержки, планы и действия;

- сотрудничество и стимулирование в отношении потерь и ущерба, связанных с неблагоприятными воздействиями изменения климата.

Области сотрудничества и содействия по углублению понимания, активизации действий и поддержки могут включать: системы раннего предупреждения; готовность к чрезвычайным ситуациям; медленно протекающие явления; явления, которые могут приводить к необратимым и перманентным потерям и ущербу; е) комплексную оценку и управление риском; средства страхования риска, создание пулов климатических рисков и другие решения в области страхования.

Следует также предусмотреть ускорение и поощрение инноваций и создание для них благоприятных условий, что имеет огромное значение для эффективного, долгосрочного глобального реагирования на изменение климата и для поощрения экономического роста и устойчивого развития.

Анализ потребностей и проблем отдельных секторов экономики в свете климатических изменений

В рамках развития положений, предусмотренных Парижским Соглашением, был сформулирован ряд потребностей и проблем, имеющих значение для любых регионов, сфокусированных на отдельных направлениях. В частности, в области решений, направленных *на разработку природных экосистемных адаптационных подходов (ЭАП), а также адаптацию населения* можно выделить следующие потребности [2]:

Последствия изменения климата для природной системы и человеческого общества должны быть четко определены и хорошо обоснованы

Понимание того, как и в какой степени, изменение климата влияет на экосистемы, экосистемные услуги и человеческое общество (то есть здоровье человека и экономическое развитие), является обязательным условием в начале адаптационного подхода. Тем не менее, конкретные знания по этому вопросу все еще ограничены, и существуют серьезные пробелы в знаниях о краткосрочных и долгосрочных последствиях воздействия изменения климата на природную среду и человеческое общество.

Основываясь на анализе пробелов, существует особая потребность в информационных и информационных продуктах по следующим вопросам:

- Локальные прогнозы воздействия изменения климата и метеорологические данные;

- Отраслевая информация о последствиях прогнозируемого изменения климата. Например, сельское хозяйство, морские ресурсы, водные ресурсы, лесные экосистемы;

- Совокупное воздействие изменения климата и экономического развития на конкретные сектора;

Можно также выделить следующие ключевые пробелы в знаниях и потребности в отношении адаптации природных экосистем:

- *Поддерживается ли потребность в адаптации местными, национальными и международными адаптационными политиками (т.е. получает ли этот аспект внимание в соответствующих политических документах, таких как нормативные правовые акты (НПА) и отраслевые стратегии);*

- *Факторы успешной адаптации экосистем к изменению климата, которые спровоцировали изменение экологической политики.*

Соответствующим вышеупомянутым потребностям в знаниях является постоянная потребность в обмене опытом и извлеченными уроками в области адаптации. Кроме того, необходимы рекомендации о том, как наилучшим образом реализовать стратегии адаптации на местах

Необходимость изучения и оценки затрат и выгод мер адаптации экосистем к изменению климата.

Мероприятия по адаптации экосистем обычно считаются экономически эффективными, и некоторые тематические исследования продемонстрировали их экономическую эффективность. Тем не менее, доказательная база для оценки общей эффективности, затрат и выгод мер по адаптации экосистем относительно фактических и потенциальных экологических и социально-экономических последствий все еще недостаточна.

Последствия изменения климата для **продовольственного и сельскохозяйственных секторов** связаны между собой в рамках экологического, социального и экономического измерений [3]. Ситуация с наличием продовольствия будет ухудшаться вследствие прогнозируемого снижения продуктивности в секторах растениеводства, животноводства, рыболовства и аквакультуры, что усилит нагрузку на природные ресурсы и усугубит рост мировых цен на продовольствие.

Повышение температуры воды и уменьшение концентрации растворенного кислорода приведет к снижению способности пресноводных бассейнов к самоочищению и, таким образом, негативно повлияет **на качество воды и водные ресурсы** [4]. К числу основных потребностей, связанных с изменением климата применительно к водным ресурсам можно отнести следующие:

- *Разработку инновационных мер по управлению водными ресурсами в таких секторах как защита водно-болотных угодий, а также методы рационального ведения сельского хозяйства;*

- *Повторное использование частично очищенных или сбросных сточных вод для сельского хозяйства и промышленности для не питьевого использования.*

Внедрение инновационных технологий по очистке сточных вод на которые приходится примерно 3–7 % всех выбросов парниковых газов.

Анализ потребностей и проблем отраслей экономики Республики Беларусь в свете изменения климата.

Анализ и оценка выполнения как базовых, так и отраслевых потребностей Республики Беларусь позволит определить и сформулировать условия для дальнейшего прогресса в этом направлении. Безусловно ключевой базовой потребностью является **сокращение выбросов парниковых газов, устойчивое развитие и низкоуглеродное развитие.**

В соответствии с документом «Предполагаемые национальные определяемые вклады Республики Беларусь» (INDC), который был подготовлен согласно параграфам 13 и 14 решения 1/CP.20 Конференции Сторон РКИК ООН в рамках подготовки к 21-ой Конференции Сторон, Республика Беларусь приняла на себя обязательства по снижению выбросов парниковых газов к 2030 г. не менее чем на 28 процентов по отношению к уровню базового 1990 года, то есть, сокращение выбросов до уровня, не превышающего 96,1 млн. т CO₂ экв. [5]. В 1990 году выбросы парниковых газов составляли 139 151,23 тонны в эквиваленте CO₂ без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство».

Достижение таких показателей возможно при условии обеспечения низкоуглеродного развития в секторах связанных с выбросами парниковых газов. Национальные стратегии низкоуглеродного развития разработаны в большинстве стран ЕС, в Казахстане, России, Украине.

Для сектора «Энергетика» ключевыми аспектами для снижения выбросов являются показатели «Зеленого роста» к основным из которых относятся: углеродная эффективность, привязанная к производству, углеродная эффективность, привязанная к спросу, энергоэффективность, энергоёмкость ВВП, доля ВИЭ [6].

Углеродная эффективность, то есть отношение объема ВВП к объему выбросов углекислого газа связанных с потреблением энергии, с 2013 по 2017 гг. выросла с 1,0 до 1,7 руб/кг. Вместе с тем с 2015 г. относительный рост замедлился и ежегодный абсолютный рост составил 0,1 руб/кг.

Показатель энергоэффективности, то есть отношение объема ВВП (в ценах 2005 года) к объему валового потребления топливноэнергетических ресурсов с 2015 по 2018 гг. снизился с 2,7 тыс. руб. / кг условного топлива до 2,6 тыс. руб. / кг условного топлива. Соответственно энергоёмкость за этот период возросла с 369,9 до 380,5 кг условного топлива / млн. руб.

Доля производства электрической энергии за счет использования возобновляемых источников энергии в общем объеме производства электрической энергии за этот период возросла с 0,9 до 1,8 процентов. Однако, в 2017 году эта доля составляла 2,2 процента, то есть наблюдается снижение за последние годы. Вместе с тем, согласно принятой в ЕС программе Energy 2020 доля энергии, полученной из возобновляемых источников должна составлять 49 % общего объема в Швеции, 38 % - в Финляндии, 40 % – в Латвии, 34 % – в Австрии,

30 % – в Дании [7]. Очевидно, что Беларусь продолжает значительно отставать по этому показателю от стран ЕС.

В ряде государств ЕС с целью противодействия экологическим угрозам разрабатываются программы по переходу к циркулярной экономике, в основе которой лежит замкнутый цикл использования материальных ресурсов и преимущественное применение возобновляемых источников энергии. Циркулярная экономика как одно из ключевых направлений низкоуглеродного развития должна получить приоритетное направление в ближайшие годы.

Таким образом, в число потребностей и проблем Республики Беларусь с учетом факторов сокращения выбросов парниковых газов, устойчивого развития и низкоуглеродного развития с учетом требований Парижского соглашения и анализа международного опыта можно включить:

- Сокращение выбросов парниковых газов в секторе «Энергетика»;
- Активизацию подготовки и принятия планов по смягчению последствий изменения климата и адаптации к изменениям климата на местном (городском, районном) уровне;
- Разработку программы по переходу к циркулярной экономике;
- Разработку плана действий по переходу к рациональным моделям потребления и производства;
- Разработку национальной стратегии низкоуглеродного развития Республики Беларусь.
- Разработку мер направленных на обеспечение доли введенных в эксплуатацию многоквартирных энергоэффективных жилых домов в общем объеме введенного в эксплуатацию жилья до 100 % уровня начиная с 2020 г.;
- Разработку мер направленных на обеспечение доли использования твердых коммунальных отходов в общем объеме образования твердых коммунальных отходов не ниже 25 % в 2020 г с последующим приростом не ниже 1% в год;

- Расширение практики внедрения инновационных технологий по очистке сточных вод, в том числе разработку и внедрение современных методов очистки, которые позволяют извлекать метан из органического вещества, а затем использовать этот биогаз для выработки энергии.

К основным абсорбентам парниковых газов относятся включенные в сектор Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ) компоненты природной среды: лесной фонд, земельный фонд. **Потребности и проблемы по вопросам повышения абсорбции парниковых газов поглотителями** непосредственно увязаны с поддержанием и развитием элементов сектора ЗИЗЛ. Так, наибольший вклад в поглощение парниковых газов вносит категория «Лесные земли», в частности подкатегория «Лесные земли, остающиеся лесными землями» [8]. К 2020 г. в соответствии с целевыми показателями устойчивого развития лесистость территории страны должна достигнуть показателя 40,1 %, в 2025 – 40,5 % и в 2030 – 41 %. Это значит, что прирост площадей должен быть обеспечен на уровне 0,2 % в 2020 г. и не менее чем на 0,1 процента в год, начиная с 2020 и по 2030 гг. Вместе с тем, прирост площади лесов с 2017 по 2019 гг. (то есть за 2 года) составил 0,1 %.

К поглотителям парниковых газов также относятся водно-болотные угодья. Вместе с тем, доля площади земель под болотами и водными объектами в общей площади республики за последнее десятилетие уменьшилась с 6,6 % (2010 год), до 6,1 % (2020 год). Значительные площади занимают земли, выведенные из эксплуатации после окончания торфоразработок или выработанные торфяники. Площадь вышедших из эксплуатации торфяных месторождений Беларуси составляет около 281,5 тыс. га [9]. Эти земли являются источником выбросов парниковых газов.

К источникам выбросов парниковых газов следует отнести также деградированные земли, в том числе в результате эрозионных процессов. И если суммарные площади земель, подверженных различным видам деградации почв в Республике Беларусь с 2016 по 2019 гг. снизились с 9,9 % до 9,5 %, то площадь земель подверженных водной и ветровой эрозии, так же, как и площади земель с деградированными торфяными почвами за этот период не изменились и составили соответственно 2,7 % и 1,5 %. Таким образом, в число потребностей и проблем Республики Беларусь с учетом факторов повышения абсорбции парниковых газов поглотителями с учетом требований Парижского соглашения и анализа международного опыта можно включить:

- Разработку мер по обеспечению прироста площади лесных земель не менее 0,1% в год%
- Разработку противоэрозионных мероприятий для земель сельскохозяйственного назначения;
- Разработку мероприятий по рекультивации вышедших из эксплуатации торфяных месторождений и деградированных торфяных земель.

Заключение

Результаты анализа представленные в данной публикации позволяют сделать следующие выводы:

- Потребности и проблемы решение которых является необходимым элементом для оценки и контроля климатических изменений можно разделить на базовые, которые носят программный и стратегический характер и сформулированы в пунктах парижского соглашения по изменению климата и отраслевые, имеющие особое значение для отдельных секторов экономики в свете климатических изменений.

- Республика Беларусь является одной из стран в которых проблемы и потребности, связанные с изменением климата, находятся под постоянным контролем, стратегия и конкретные методы их решения

включены в ряд программных документов и нормативных правовых актов. В частности, особое внимание уделяется таким стратегическим вопросам как сокращение выбросов парниковых газов, устойчивое развитие и низкоуглеродное развитие.

- Существует ряд потребностей и проблем, предусмотренных Парижским соглашением и разработанных в ряде конкретных направлений действий в отдельных странах, решение которых в Республике Беларусь должно быть интенсифицировано. В частности, это касается потребностей, связанных с вопросами адаптации, просвещения и подготовки кадров, развития сектора ЗИЗЛ, минимизации потерь и ущерба связанных с неблагоприятными воздействиями изменения климата для отдельных секторов экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парижское климатическое соглашение Режим доступа: <http://minpriroda.gov.by/ru/paris-ru/> Дата доступа 10.03.2021
2. Ali Raza Rizvi and Kirstin van Riel. Nature Based Solutions for Climate Change Adaptation – Knowledge Gaps // IUCN EbA Knowledge Series – Working Paper, p.29
3. Стратегия ФАО в отношении изменения климата. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/i7175ru/I7175RU.pdf/> Дата доступа 20.05.2020
4. Доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов. Режим доступа: <https://ru.unesco.org/water-security/wwap/wwdr>. Дата доступа 20.05.2020
5. Предполагаемые национально-определяемые вклады Республики Беларусь. Согласно параграфам 13 и 14 решения 1/CP.20 Конференции сторон РКИК ООН. Режим доступа: <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>. Дата доступа 10.03.2021
6. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/>. Дата доступа 10.03.2021
7. Как в Беларуси развивается возобновляемая энергетика. Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/kak-v-belarusi-razvivaetsja-vozobnovljajemaja-energetika-366492-2019/> Дата доступа 10.03.2021
8. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 7.1. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Режим доступа: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>. Дата доступа 20.05.2020
9. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 30.12.2015 № 1111 «О некоторых вопросах в области сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников» (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 07.01.2016, 5/41510).

УДК 551.593

ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И РЕЖИМА ИХ ВЫПАДЕНИЯ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

DYNAMICS OF THE QUANTITY OF PRECIPITATION IN THE TERRITORY OF BELARUS AND THE REGIME OF THEIR DEPOSIT IN CONNECTION WITH CLIMATE CHANGE

М. Н. Брилевский

M. N. Bryleuski

*Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
г. Минск, Республика Беларусь
Bryleuski@mail.ru*

*Belarusian State University, Faculty of Geography and Geoinformatics,
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматриваются пространственно-временные особенности распределения осадков на территории Беларуси, анализируются причины, вызывающие разное количество осадков в различных регионах. Проведены расчеты количества осадков для различных сезонов года за многолетний период и за последние 30 лет, и определена динамика режима выпадения осадков в связи с изменением климата. Проведено сравнение условий увлажнения за последние 30 лет с многолетними и выявлены тенденции их изменения на региональном уровне.

The article examines the spatial and temporal features of the distribution of precipitation on the territory of Belarus, analyzes the reasons that cause different amounts of precipitation in different regions. Calculations of the amount of precipitation for different seasons of the year for a long-term period and for the last 30 years have been carried out, and the dynamics of the precipitation regime in connection with climate change has been determined. The comparison of moisture conditions for the last 30 years with perennial ones is carried out, and trends in their change at the regional level are revealed.

Ключевые слова: климат, атмосферные осадки, водный режим территории, изогипсы, годовое количество осадков, суточное количество осадков, влагообеспеченность.

Key words: climate, precipitation, water regime of the territory, isohyets, annual precipitation, daily precipitation, moisture supply.

Глобальная проблема изменения климата по-разному проявляется в различных регионах мира, имеет она свои особенности и в Республике Беларусь, о чем свидетельствуют результаты анализа инструментальных наблюдений за изменением основных климатических параметров на территории нашей страны за период с 1890 по 2020 год [1, 2, 3]. В большинстве работ анализируется изменение теплового режима, в частности температуры воздуха, как наиболее заметного и динамичного метеорологического показателя.

На протяжении геологической истории развития территории Беларуси климат неоднократно изменялся, о чем свидетельствует ископаемая флора и фауна. Существенно он изменялся и в четвертичном периоде, на протяжении которого выделяется несколько ледниковых периодов и межледниковий. Даже в голоцене (последние 10 тыс. лет) выделялось 4 этапа с более высоким либо более низким увлажнением, и температурами воздуха, которые на 2-3 °С были выше или ниже современных. Все эти изменения климата были вызваны природными факторами, а в настоящее время, по мнению ученых, наблюдаются изменения климатических параметров, вызванные хозяйственной деятельностью человека: выбросами парниковых газов промышленностью, транспортом и сельским хозяйством, сведением лесов, уменьшением площади болот.

Исследования температурного режима Беларуси за период с 1890 по 2020 г. позволили выявить рост среднегодовой температуры по всей территории страны на 1,3 °С по сравнению со среднегодовой

температурой за весь срок наблюдений (5,8 °С). На протяжении XX века кратковременные периоды потеплений сменялись близкими по величине (плюс-минус 1 – 2 °С) и продолжительности периодами похолоданий, что объясняется цикличностью солнечной активности. Но в конце 1980-х годов намечилось сильное потепление климата, которое продолжается последние 3 десятилетия.

Основные климатические показатели, используемые при характеристике климата, существенно различаются в различных литературных источниках, справочных изданиях и картографических материалах, что объясняется разными временными интервалами наблюдений. В ряде работ рассматриваются все инструментальные наблюдения за время работы метеостанции, в других не полностью учитываются результаты наблюдений последних лет. На картах последних атласов климатические карты построены по данным за 1966 – 2015 гг., а по последним рекомендациям Всемирной метеорологической организации предлагается в качестве климатической нормы использовать данные за 1981 – 2010 гг. На наш взгляд, для характеристики климата Беларуси, целесообразно использовать временной отрезок в 70 лет (1948 – 2019 гг.). Довольно продолжительный ряд в 70 лет соизмерим с продолжительностью жизни человека, в меньшей мере зависит от циклов солнечной активности и характеризует климат страны за долгосрочный период, кроме того на протяжении данного периода все современные метеостанции проводили непрерывные наблюдения. Для характеристики пространственно-временных изменений климатических показателей на территории Беларуси, предлагается использовать последний 30-летний (1989 – 2019 гг.) период, который совпадает с последней эпохой потепления и характеризует современный климат страны.

Особенности температурного режима в Беларуси и его изменения описаны в статье [4]. Установлено, что на всех метеостанциях среднегодовая температура воздуха последнего 30-летнего периода выше на 0,6 – 1 °С по сравнению с показателями за 1948 – 2019 гг. Более высокий рост среднегодовых температур фиксируется в крупных городах (Витебск, Минск, Гомель, Орша, Пинск, Жлобин), что подчеркивает влияние хозяйственной деятельности. Наиболее сильно повысились средние температуры января (1,2 – 1,9 °С). Повышение температур отмечено во все сезоны года: зимой – на 0,9 – 1,4 °С, весной – на 0,5 – 1,3 °С, летом – на 0,4 – 0,9 °С, а осенью – на 0,1 – 0,6 °С. По всем метеостанциям страны выросли показатели, характеризующие теплообеспеченность территории. Продолжительность периода с положительными температурами увеличилась на 1 – 12 дней, продолжительность вегетационного периода повысилась на 5-9 дней, а безморозного – на 3 – 7 дней. Суммы температур за указанные периоды выросли на 67 – 210 °С, 77 – 204 °С и 73 – 193 °С.

Цель данной работы определить особенности распределения количества атмосферных осадков на территории Беларуси, выполнить анализ причин их территориального распределения, определить особенности режима их выпадения по сезонам года и проследить динамику количества осадков в связи с изменением климата. Распределение температур на территории Беларуси имеет выраженный ход. Температуры воздуха зависят от притока солнечной радиации (зональный фактор), поэтому летом они постепенно увеличиваются с севера на юг и от атмосферной циркуляции, что приводит к субмеридиональному ходу изотерм зимой (температуры повышаются с северо-востока на юго-запад страны). Распределение количества атмосферных осадков зависит от большего количества факторов, поэтому ход изогнет на территории Беларуси сложнее.

Территория Беларуси относится к зоне достаточного увлажнения. На большей части ее территории (37 метеостанций) выпадает от 600 до 700 мм осадков, увеличиваясь на возвышенностях Белорусской гряды и уменьшаясь на равнинах и низинах. По количеству атмосферных осадков все метеостанции страны дифференцировались на 8 групп (таблица 1). Максимальное количество осадков зафиксировано в Новогрудке (763,4 мм), а минимальное – в Брагине (536,4 мм). Несмотря на относительно небольшую территорию страны, разница в осадках составляет более 220 мм.

Таблица 1

Распределение осадков по территории Беларуси и их изменение в последние годы

Количество осадков, мм	1948 – 2019 гг.		1948 – 2019 гг.	
	Кол-во метеостанций	Метеостанции	Кол-во метеостанций	Метеостанции
Более 750	1	Новогрудок	1	Новогрудок
700,1 – 750,0	1	Льнотупы	4	Витебск, Житковичи, Льнотупы, Полоцк
675,1 – 700,0	5	Житковичи, Березинский зап., Полоцк, Витебск, Борисов	6	Березинский зап., Минск, Борисов, Воложин, Мозырь, Ошмяны
650,1 – 675,0	5	Воложин, Минск, Лида, Докшицы, Ганцевичи	8	Лида, Докшицы, Верхнедвинск, Василевичи, Ганцевичи, Вилейка, Октябрь, Орша

Количество осадков, мм	1948 – 2019 гг.		1948 – 2019 гг.	
	Кол-во метеостанций	Метеостанции	Кол-во метеостанций	Метеостанции
625,1 – 650,0	15	Ошмяны, Вилейка, Октябрь, Верхнедвинск, Василевичи, Орша, Мозырь, Березино, Волковыск, Ивацевичи, Славгород, Горки, Могилев, Бобруйск, Барановичи	14	Барановичи, Костюковичи, Славгород, Жлобин, Шарковщина, Березино, Волковыск, Бобруйск, Ивацевичи, Гомель, Могилев, Столбцы, Горки, Слуцк
600,1 – 625,0	12	Жлобин, Шарковщина, Столбцы, Костюковичи, Кличев, Марьина Горка, Слуцк, Брест, Гомель, Пружаны, Полесская, Высокое	4	Пинск, Кличев, Марьина Горка, Высокое
550,1 – 600,0	2	Пинск, Гродно	5	Брест, Пружаны, Полесская, Брагин, Гродно
Менее 550	1	Брагин	-	-

Одной из основных причин, определяющих количество осадков, является географическое положение и относительная удаленность от Атлантического океана. Так как территория Беларуси расположена в зоне действия западного переноса воздушных масс и в теплой половине года преобладают северо-западные ветры, то влагонесущие потоки в основном поступают с северо-запада. Благодаря циклонической деятельности количество осадков на территории Беларуси постепенно уменьшается с северо-запада (Новогрудок, Лынтупы) на юго-восток (Брагин). Ближе всего к Балтийскому морю расположена северная часть страны – Белорусское Поозерье, поэтому на метеостанциях данного региона (Лынтупы, Березинский заповедник, Полоцк, Витебск) фиксируется повышенное количество осадков (более 675 мм). Кроме того воздушные массы с Балтики проходят над Балтийской низменностью и не встречают значимых орографических барьеров на территории Литвы и Латвии. Довольно велико количество осадков (около 650 мм) и на метеостанциях, расположенных в относительной близости от границ с Литвой (Воложин, Лида, Ошмяны, Вилейка), однако они находятся в орографической тени Балтийской гряды, что приводит к некоторому сокращению осадков.

Не менее важным фактором, влияющим на распределение осадков выступает орография, благодаря чему максимум осадков в Беларуси фиксируется в пределах Новогрудской возвышенности. Не многим ей уступает Свенцянская гряда, Минская и Ошмянская возвышенности, метеостанции в пределах которых относятся к 1 – 4 группам по количеству осадков. Однако количество осадков в пределах возвышенностей определяется по данным расположенных на них метеостанций, которые могут иметь различную абсолютную высоту и зачастую располагаются в долинах рек и понижениях, поэтому количество осадков для возвышенности может быть несколько заниженным. Сопряженный анализ зависимости количества осадков от абсолютной высоты метеостанции показывает корреляционную зависимость данных показателей (рисунок 1). Абсолютный максимум осадков фиксируется на метеостанции Новогрудок с самой большой абсолютной высотой, а абсолютный минимум – на метеостанции Брагин с минимальной высотой. Из 12 метеостанций, входящих в 1 – 4 группы по количеству осадков 8 расположено на высоте более 170 м, а все 3 метеостанции страны 7 – 8 групп (Брагин, Гродно, Пинск) расположены на высоте менее 140 м.

На распределение осадков оказывает влияние также наличие орографических барьеров на пути влагоприносящих циклонов. Балтийская гряда и Гродненская возвышенность создают орографическую тень и приводят к снижению количества осадков на метеостанциях Гродно, Высокое, Волковыск, Ошмянская возвышенность – на метеостанциях Ошмяны и Вилейка, Браславская и Свенцянская гряды – на метеостанциях Шарковщина, Верхнедвинск, Новогрудская и Минская возвышенности – на метеостанциях Столбцы, Марьина Горка, Кличев.

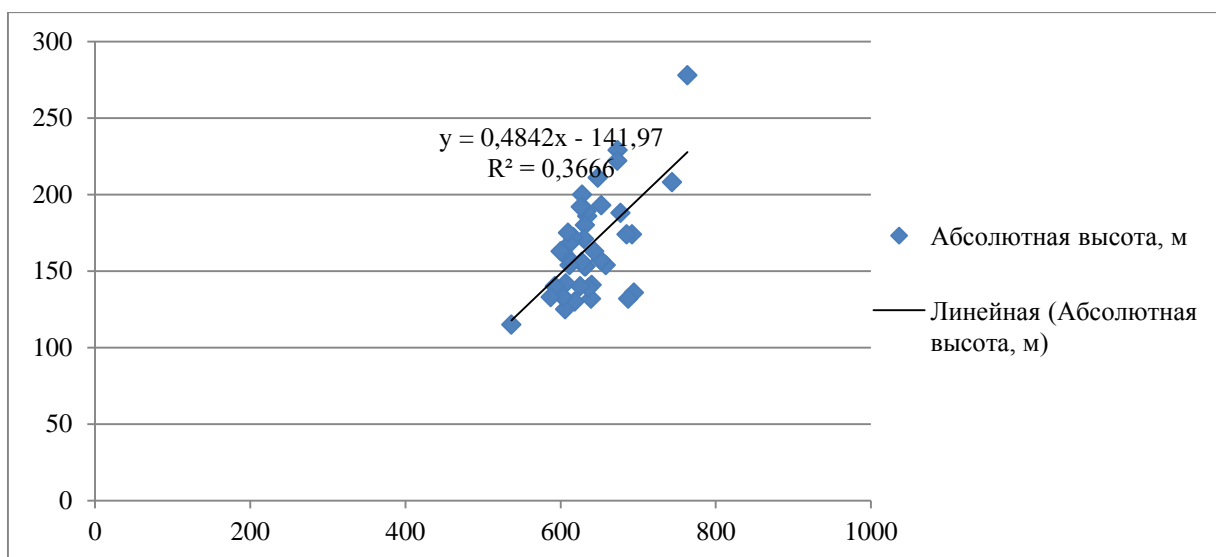


Рис. 1. – Зависимость количества осадков от абсолютной высоты метеостанций

Небольшое количество осадков (менее 625 мм) на метеостанциях Гродно, Высокое, Брест, Пружаны, расположенных на западе Беларуси объясняется на наш взгляд трансформацией морского воздуха, прошедшего над территорией Германии, Польши и других европейских стран.

Наиболее труднообъяснимым является наличие зоны увеличения осадков на территории Полесья в районе Житкович (694,5 мм) и расположенных недалеко метеостанциях Ганцевичи, Октябрь, Василевичи, Мозырь. Все они, кроме Мозыря, расположены на абсолютных высотах ниже среднего значения по стране, однако количество осадков на метеостанциях выше 630 мм, что больше, чем на прилегающих территориях. По нашему мнению объясняется увеличение количества осадков повышенной лесистостью региона и наличием большого количества открытых болот: Ясельдинско-Слущкая низина – 42,9 % и 8,7 % соответственно, Среднеприпятская низина – 41,1 % и 14,5 %, Мозырско-Лельчицкая равнина – 62,3 % и 6,4 %, что влияет на турбулентность проходящих ветровых потоков и приводит к увеличению испарения, а, следовательно, к повышению влагонасыщенности воздуха и способствует выпадению осадков.

Интенсивность осадков значительно больше в летнее время, о чем свидетельствует распределение осадков по сезонам года. Расчеты показывают, что доля зимних месяцев составляет от 16 % (Орша) до 20 % (Лынтупы, Новогрудок, Высокое) от общего количества осадков на территории Беларуси. Наиболее равномерно осадки распределяются весной, и их доля составляет от 20 % до 22 %. Доля осенних осадков составляет 23 – 26 %, несколько увеличиваясь в северных районах страны. Летом выпадает максимальное количество осадков на всех метеостанциях, от 33 % в Лынтупах до 38 % в Орше, Мозыре, Кличеве, Марьиной Горке и Гомеле. Наибольшее количество осадков на всех метеостанциях страны фиксируется в июле (70,1 – 98,0 мм). Минимальное количество осадков (27,8 – 43,5 мм) фиксируется в феврале на всех метеостанциях кроме Верхнедвинска, Полоцка, Шарковщины, Высокого и Бреста, в которых самым сухим месяцем является март.

Потепление климата последних лет привело и к изменениям условий увлажнения. На подавляющем количестве метеостанций Беларуси (35) наблюдается увеличение количества осадков в 1989 – 2019 гг. по сравнению с многолетними данными, о чем свидетельствует большее количество метеостанций вошедших во 2 – 4 группы (таблица 1). В основном количество осадков увеличилось не более чем на 20 мм. На метеостанциях Минск, Гомель, Ошмяны, Василевичи, Пинск, Брагин, Барановичи, Верхнедвинск, Шарковщина рост составил 20 – 30 мм, а в Витебске, Полоцке, Житковичах, Мозыре и Костюковичах более чем 30 мм, достигая максимума в Витебске – 62,4 мм. В Кличеве количество осадков не изменилось. Уменьшилось количество осадков на метеостанциях, расположенных на западе страны: Новогрудок, Лынтупы, Брест, Пружаны, Полесская, Гродно. В Гродно количество осадков снизилось на 36 мм и в настоящее время данная метеостанция характеризуется минимальным значением в стране.

На большинстве метеостанций (более 30) отмечается увеличение зимних, весенних и осенних осадков. Увеличение летних осадков фиксируется примерно на половине метеостанций. В самом дождливом месяце июле количество осадков увеличилось почти на всей территории страны, кроме метеостанций Орша, Лынтупы, Брагин и Славгород. На ряде метеостанций количество июльских осадков выросло на 20-30 мм и в Новогрудке, Барановичах, Ганцевичах, Жлобине, Октябре, Житковичах и Мозыре превысило 100 мм. Рост осадков также отмечается на большинстве станций в феврале (кроме Гродно, Бреста и Полесской), марте (кроме Березинского заповедника, Столбцов, Гродно, Новогрудка, Полесской и Бреста), октябре (кроме Гродно, Высокое, Ганцевич, Ивацевичей, Полесской, Бреста, Пинска, Жлобина). В меньшей степени увеличилось количество осадков в январе, мае, сентябре и декабре. Сокращение количества осадков

отмечается в августе почти на всех метеостанциях страны кроме Витебска, Шарковщины, Верхнедвинска, Докшиц, Березинского заповедника, Ошмян и Лиды в июне, кроме Витебска, Шарковщины, Верхнедвинска, Полоцка, Вилейки, Столбцов, Слуцка, Славгорода, Костюковичи, Ганцевичи, Полесской, Пинска, а также в ноябре и апреле (12 – 16 метеостанций).

Количество осадков существенно различается в отдельные годы. На большей части метеостанций (53 %) минимальное количество осадков за весь срок наблюдения составило от 400 до 500 мм, на 33 % метеостанций – от 300 до 400 мм. Абсолютный минимум осадков на территории Беларуси был зафиксирован в Ивацевичах в 1953 году и составил 298 мм. Менее 300 мм также фиксировалось в Брагине в 1963 г. Наиболее засушливыми годами являются 1959 (8 станций), 1963 (7 станций), 1961 (6 станций) и 1953 (5 метеостанций). В Полоцке, Лиде, Горках и Костюковичах абсолютные минимумы осадков фиксировались в первой половине XX века, а в Верхнедвинске, Шарковщине, Воложине, Березино, Гродно, Волковыске, Мстиславле, Кличеве и Славгороде – в последние 30 лет, в основном в 1999, 2002 и 2015 гг.

Абсолютные максимумы осадков за весь срок наблюдения в основном находятся в пределах 800 – 1000 мм – 90 % метеостанций. Наименьший абсолютный максимум зафиксирован на метеостанции Полесская – 763 мм в 1970 г., а наибольший – в Василевичах (1115 мм) в 1906 г. Более 1000 мм осадков, преимущественно в первой половине XX века, фиксировалось в Полоцке, Лынтупах, Новогрудке, Могилеве и Василевичах. Следует отметить, что довольно велика разбегка фиксации абсолютных максимумов по годам. Однако почти на половине метеостанций страны абсолютные максимумы зафиксированы в последние 30 лет, что подчеркивает факт увеличения осадков в эпоху потепления климата. Наиболее влажными годами являются 2009 и 1998, на протяжении которых выпадало максимальное количество осадков на 8 и 7 метеостанциях соответственно.

Примерно на половине метеостанций страны в различные годы последнего тридцатилетия зафиксированы и суточные максимумы осадков, что подчеркивает увеличения неблагоприятных явлений климата в эпоху потепления. Наибольшее суточное количество осадков было зафиксировано в Бобруйске в 1970 г. и составило 146 мм. Более 100 мм осадков за сутки выпадало также в Верхнедвинске, Витебске, Сенно, Орше, Ошмянах, Гродно, Новогрудке, Барановичах, Ганцевичах, Ивацевичах и Житковичах.

Таким образом, можно отметить более значительный рост количества осадков на севере и юго-востоке страны и их сокращение, либо незначительный рост в западных районах, а также некоторое увеличение интенсивности осадков в последние годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов В. Ф., Лысенко С. А. Современные изменения глобального и регионального климата. – Минск: Беларуская навука. 2019. – 315 с.
2. Логинов В. Ф., Лысенко С. А. и др. Изменения климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. – Мн.: УП "Энцыклапедыкс". 2020 – 218 с.
3. Природа Беларуси на рубеже тысячелетий / В. М. Байчоров [и др.]; редколлегия: А. А.Коваленя [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 367 с.
4. Брилевский, М. Н. Проблема изменения климата на территории Беларуси: отрицательные и положительные аспекты для хозяйственной деятельности. / М.Н.Брилевский, // География. – 2020.- № 6 – С. 3 – 13.

УДК 504.3.313:33(476)

**К ВОПРОСУ О ВКЛАДЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
В ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ ОКСИДАМИ АЗОТА****TOWARDS TO THE CONTRIBUTION OF ROAD TRANSPORT
TO AIR POLLUTION IN THE CITIES OF BELARUS WITH NITROGEN OXIDES****О. Ю. Круковская****O. Yu. Krukowskaya**

*ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь
o-krukowskaya@tut.by*

*SSI «Institute for Nature Management of NASB»
Minsk, Republic of Belarus*

Впервые представлены результаты оценки выбросов оксидов азота от автомобильного транспорта в городах Беларуси (по состоянию на 2018 год). Выполнено ранжирование городов по уровню выбросов оксидов азота от автомобильного транспорта. Проанализирована структура выбросов оксидов азота в городах Беларуси в разрезе категорий транспортных средств. Показано соотношение выбросов оксида и диоксида азота в структуре выбросов оксидов азота. Выполнена оценка вклада автомобильного транспорта в загрязнение воздуха городов Беларуси оксидами азота.

For the first time, the results of assessment emissions of nitrogen oxides from road transport in the cities of Belarus (as of the year 2018) are presented. The ranking of cities by the level of nitrogen oxide emissions from road transport has been carried out. The structure of nitrogen oxide emissions in Belarusian cities in terms of vehicle categories has been analyzed. The ratio of nitrogen oxide and nitrogen dioxide emissions in total nitrogen oxides emissions are shown. An assessment of the contribution of road transport to air pollution with nitrogen oxides in Belarusian cities has been carried out.

Ключевые слова: атмосфера, урбанизированные территории, загрязнение воздуха, мобильные источники, оксиды азота, автомобильный транспорт.

Keywords: atmosphere, urban areas, air pollution, mobile sources, nitrogen oxides, road transport.

На фоне общего достаточно благополучного состояния атмосферного воздуха большинства промышленных центров и городов Беларуси сохраняются отдельные районы с устойчивым менее благоприятным состоянием атмосферного воздуха. К числу веществ, чаще всего формирующих неблагоприятные уровни загрязнения воздуха относятся твердые частицы различных фракций, формальдегид, диоксид азота и приземный озон. По данным непрерывных измерений в 2018 г. больше всего превышений норматива качества по содержанию тонкодисперсных частиц аэродинамическим диаметром до 10 мкм выявлено в Гомеле и Могилеве, приземного озона – в Бресте, Гродно, Минске, Могилеве, Солигорске и в районе Мозырского промузла. В летний период были повышены концентрации формальдегида в Бобруйске, Бресте, Гомеле, Гродно, Пинске, и Светлогорске [1]. Среднегодовой норматив содержания оксида углерода был превышен в 2018 г. в Бобруйске, Бресте, Витебске, Гомеле, Орше, Пинске и Светлогорске; диоксида азота – Бобруйске и Могилеве. Оксиды азота (оксид азота и диоксид азота) при этом выступают не только как прямой загрязнитель, но и участвуют во вторичном образовании других соединений в ходе фотохимических процессов в атмосфере [2].

Превышение нормативов качество воздуха сохраняется, несмотря на устойчивое снижение выбросов от крупных стационарных источников. Действующая система получения разрешений на выбросы загрязняющих веществ, не распространяется на бытовые источники выбросов или автомобильный транспорт. При этом автомобильный транспорт является в Беларуси ключевой категорией выбросов оксидов азота, неметановых летучих органических соединений, оксида углерода, тонкодисперсных твердых частиц, полициклических ароматических углеводородов и гексахлорбензола [3].

Парк автомобильного транспорта в стране устойчиво увеличивается. В 2018 году парк автомобильного транспорта составил 3,615 млн. ед., увеличившись с 2009 г. на 0,745 млн. ед. (или 25,9 %). Самая распространенная категория автомобильного транспорта – легковые автомобили – характеризуется наиболее интенсивным увеличением числа зарегистрированных единиц (на 0,717 млн. ед. или 29,3 %). Рост парка также отмечен для грузовых автомобилей (на 28,7 тыс. ед. или 7,5 %). Число автобусов за период сократилось на 0,7 тыс. ед. или 1,6 %. Положительная тенденция меньшей интенсивности отмечается также для потребления топлива этой категорией источников.

Наибольшее количество транспортных средств сосредоточено в столице. Парк автомобильного транспорта Минской области составляют 587,3 тыс. ед., Брестской области – 552,3 тыс. ед., Гомельской области – 474,1 тыс. ед., Гродненской области – 454,4 тыс. ед., Витебской области – 432,1 тыс. ед., и Могилевской области – 372,8 тыс. ед. Структура автомобильного транспорта в разрезе субкатегорий незначительно различается для регионов. Основное количество транспортных средств (от 83,8 % в Гомельской области до 89,2 % в Минске) составляют легковые автомобили. Доля грузовых автомобилей в структуре парка находится в диапазоне от 9,6 % в Витебской области до 11,2 % в Минске, автобусов – от 1,0 % в Могилевской области до 1,5 % в Гомельской области. Микроавтобусы составляют в среднем 3,5 % парка транспортных средств.

Для периода с 2000 по 2007 выполнялось обобщение количества транспортных средств в собственности граждан в разрезе городов областного подчинения и административных районов. В частности, в конце этого периода в Гомеле парк автомобилей в собственности населения составляли 86,7 тыс. легковых автомобилей, 4,0 тыс. грузовых автомобилей и 0,4 тыс. автобусов. В Гродно было зарегистрировано 80,9 тыс. ед. легковых автомобилей, в Бресте – 78,3 тыс. ед., в Витебске – 75,3 тыс. ед., в Могилеве – 67,1 тыс. ед..

Согласно статистическим данным суммарная протяженность автомобильной улично-дорожной сети в Беларуси составляет 102,534 тыс. км, в том числе 86,967 тыс. км дорог и 15,767 тыс. км улиц. В пределах Минска расположено 1,334 тыс. км дорог. По данным геоинформационных систем [4], суммарная протяженность улично-дорожной сети, пригодной для движения автомобильного транспорта, включая внутривороневые проезды и промышленные площадки, составляет 273 тыс. км. Из указанного числа 34,1 тыс. км расположено на урбанизированных территориях. Наибольшее количество дорог (по суммарной картографической протяженности) закономерно расположено в Минске (4,64 тыс. км) и областных центрах: Гродно (1,71 тыс. км), Витебске (1,64 тыс. км), Бресте (1,50 тыс. км), Гомеле (1,44 тыс. км) и Могилеве (1,29 тыс. км). Суммарная картографическая протяженность дорог в диапазоне от 500 до 1000 км характерна для 5 городов, от 250 до 500 км – 11 городов, от 100 до 250 км – 42 городов, от 50 до 100 км – 43 городов и менее 50 км – для 6 городов (Барань, Свислочь, Высокое, Туров, Дисна, Коссово).

Выбросы от автомобильного транспорта происходят в приземном слое на высоте до 2 м, что способствует более высокому вкладу этой категории источников в формирование концентраций загрязняющих веществ в приземном слое по сравнению с источниками поступления на большой высоте, в том числе и на урбанизированных территориях. Существующая система статистического учета выбросов от передвижных источников предусматривает выполнение оценки поступления на уровне городов только для столицы. Для других городов Беларуси, несмотря на отмечаемые превышения нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, оценка структуры поступления загрязняющих веществ и вклада различных категорий, в том числе от автомобильного транспорта, выполнялась лишь в единичных исследованиях.

Целью данного исследования является оценка структуры выбросов оксидов азота в разрезе категорий источников на уровне отдельных городов Беларуси в 2018 г. с использованием модели пространственно-распределенной оценки выбросов от автомобильного транспорта

Методология и источники данных

Для изучения вклада автомобильного транспорта в загрязнение воздуха оксидами азота выполнено моделирование пространственно распределенной оценки выбросов от автомобильного транспорта на уровне административно-территориальных единиц. Исходными данными моделирования были показатели парка транспортных средств и экологической структуры, потребления топлива, характеристики улично-дорожной сети и интенсивности движения транспорта, метеорологические условия. Базовые параметры эксплуатации транспорта – среднее расстояние и время единичной поездки, характеристики топлива, распределение парка транспортных средств по категориям, подкатегориям и экологическим классам взяты из национальной инвентаризации выбросов [3].

Моделирование выполнено на базе модели оценки COPERT (версия 5.2) [5] и дополнительных специально разработанных для этих целей программных модулей, и было четырехэтапным. На первом этапе выполнен расчет сбалансированного по потреблению топлива суммарного годового пробега транспортных средств в разрезе категорий и субкатегорий. На втором этапе с использованием модели COPERT выполнена оценка суммарных выбросов и расчет удельных показателей выбросов в расчете на единицу пробега для рассматриваемого года в разрезе категорий транспортных средств и типов дорог. На втором этапе смоделировано распределение пробега по территории страны в разрезе административно-территориальных единиц. На заключительном этапе по данным предыдущих этапов выполнен целевой расчет выбросов в пределах административно-территориальных единиц – административных районов и городов. Выполнен расчет соотношения оксида и диоксида азота в выбросах от автомобильного транспорта.

Полученные результаты для 39 городов страны, с наибольшим уровнем выбросов от крупных стационарных источников (от Минска до Новолукомля), сопоставлены с суммарными выбросами оксидов азота. Для получения суммарных значений выбросов в городах результаты расчета объединены с данными статистического учета для крупных стационарных источников и оценкой выбросов от бытового сектора [3], распределенных пропорционально численности населения.

Расчет выполнялся отдельно для оксида и диоксида азота для 2018 г.

Результаты и обсуждение

Оценка суммарного годового пробега, сбалансированная по потреблению топлива, показала, что суммарный годовой пробег автомобильного транспорта в рассматриваемом 2018 г. в Беларуси составил 32,30 млрд. маш.-км.. Пробег легковых автомобилей составил 26,39 млрд. маш.-км., автобусов – 0,68 млрд. маш.-км.. В результате расчета пробега, распределенного по административно-территориальным единицам, установлено, что из общего годового пробега транспорта всех категорий 20,93 млрд. маш.-км. составляет пробег в городах, в том числе 9,91 млрд. маш.-км. – в Минске, 1,37 млрд. маш.-км. в Гомеле, 0,96 млрд. маш.-км. в Гродно и 0,92 млрд. маш.-км. в Бресте. За исключением областных центров, наибольший суммарный пробег характерен для Барановичей, Мозыря, Борисова и Бобруйска.

Согласно результатам моделирования выбросы оксидов азота от автомобильного транспорта на территории Беларуси составили суммарно 46,099 тыс. т, что составляет 103,5% валовой оценки для страны, полученной без учета пространственной неоднородности интенсивности транспортных потоков и их категориальной структуры. Для столицы результаты моделирования составили 13,602 тыс. т, что на 0,8 % выше расчета выбросов, включенного в данные статистического учета. Полученные различия находятся в пределах отклонения моделирования пространственно-распределенной оценки для других стран.

Для других городов Беларуси годовые выбросы оксидов азота находятся в диапазоне 7,6 – 1771,9 т. В областных центрах выбросы оксидов азота от автомобильного транспорта убывают в ряду Гомель (1771,9 т) – Гродно (1505,2 т) – Могилев (1308,5 т) – Брест (1263,8 т) – Витебск (1171,1 т). Для менее крупных городов годовые выбросы оксидов азота не превышают 500 т. Вне областных центров, наибольшие выбросы от автомобильного транспорта характерны для Барановичей (433,8 т), Бобруйска (428,6 т) и Борисова (410,3 т). В диапазоне 300 – 400 т находятся в 5 городах, 200–300 т – 6 городах, 100–200 т – 9 городах, 50 – 100 т – в 28 городах.

Суммарно в городах автомобильным транспортом выброшено 30,03 тыс. т оксидов азота, в том числе 3,63 тыс. т в городах Гомельской области, 2,86 тыс. т – Брестской области, 2,70 тыс. т – Гродненской области, 2,50 тыс. т – Витебской области и 2,45 тыс. т – Минской области.

В пределах городов суммарно выбрасывается 65 % выбросов для этой категории источников в стране. Доля выбросов в городах к суммарным выбросам в регионах находится в пределах от 28,4 до 100 %. Наименьшая доля выбросов в городах характерна для Минской области, крупнейшим городом территориально в пределах которой является Минск, представляющий собой отдельную административно-территориальную единицу этого уровня. В пределах последнего, закономерно, все количество оксидов азота от автомобильного транспорта выбрасывается на урбанизированной территории.

Основной вклад в выбросы рассматриваемой категории источников вносят грузовые автомобили. Их доля в выбросах оксидов азота в отдельных городах составляет от 57,8 до 65,3%. Менее 60 % выбросов оксидов азота от автотранспорта суммарно связано с перемещением грузовых автомобилей в 39 городах. Второй наиболее значительной субкатегорией автомобильного транспорта по уровню выбросов оксидов азота в городах Беларуси являются легковые автомобили. Их вклад в суммарное поступление оксидов азота от автомобильного транспорта в городах Беларуси лежит в диапазоне от 19,8 до 33,0 %. Наиболее высокие значения данного показателя отмечены для столицы. Помимо этого в Минске 58,8 % оксидов азота вбрасываются грузовыми автомобилями, 5,9 % – автобусами, 2,4 % – микроавтобусами. Вклад легковых автомобилей в выбросы оксидов азота свыше 30 % отмечен помимо столицы еще в 18 городах, в том числе Гомеле. Для других областных центров характерен более низкий уровень вклада легковых автомобилей в суммарные выбросы оксидов азота от автомобильного транспорта.

Оксиды азота выбрасываются в результате работы автомобильного транспорта преимущественно в форме оксида азота. Выбросы диоксида азота суммарно составляют 12,4 % выбросов оксидов азота в городах. Для урбанизированных территорий соотношение выбросов диоксида азота к сумме оксидов азота находится в диапазоне от 11,5 % до 13,3 %. В городах с наибольшими выбросами оксидов азота от автотранспорта наблюдаются средние уровни соотношения в выбросах от автомобильного транспорта диоксида к сумме оксидов: 12,4 % в Минске, Гомеле, Гродно, Бресте и Витебске, 12,6 % – в Могилеве.

Вклад автомобильного транспорта в загрязнение воздуха городов Беларуси с наибольшим уровнем выбросов от крупных стационарных источников городами оксидами азота составляет суммарно 43,2 %. Указанное значение на 12,0 пп выше, чем суммарно для страны. Медианное значение вклада автомобильного транспорта – 44,6 %. Превышение вклада автомобильного транспорта относительно аналогичного показателя для страны в целом, отмечено для 31 из 39 рассматриваемых городов. В их числе Шклов, Осиповичи, Сморгонь, Полоцк, Новолукомль, Костюковичи, Жлобин и Новополоцк. Низкий вклад автомобильного транспорта в выбросы оксидов азота в этих городах сформирован преимущественно за счет большого

количества выбросов от крупных стационарных источников, связанных с предприятиями энергетической отрасли, промышленности строительных материалов и металлургии. В частности, минимальный вклад автомобильного транспорта в выбросы оксидов азота характерен для Новолукомля – 0,7%. Градообразующим предприятием и самым крупным источником выбросов оксидов азота этого города является крупнейший объект энергосистемы Беларуси – Лукомольская ГРЭС.

Вклад автомобильного транспорта в суммарные выбросы оксидов азота (с учетом бытового сектора) в Минске составил 63,8%. Более высокий вклад автомобильного транспорта в загрязнение воздуха оксидами азота выявлен для 11 городов – Бреста, Мозыря, Солигорска, Рогачева, Кобрин, Волковысска, Калинковичей, Гомеля, Новогрудка, Кричева и Лепеля. Наиболее высокий вклад автомобильного транспорта характерен для Калинковичей, здесь 83,5% оксидов азота выбрасывается автомобильным транспортом.

В областных центрах вклад автомобильного транспорта в суммарные выбросы оксидов азота находится в диапазоне 42,7 – 73,1%. Минимальный вклад автомобильного транспорта в суммарные выбросы оксидов азота отмечен в Могилеве, где выбросы от стационарных источников, согласно статистическим данным, составили 1,27 тыс. т, от других стационарных источников – 0,48 тыс. т, от автомобильного транспорта – 1,31 тыс. т, что соответствует вкладу автомобильного транспорта 42,7%. В Гомеле выбросы от стационарных источников согласно статистическим данным составили 1,91 тыс. т, от других стационарных источников – 0,34 тыс. т, от автомобильного транспорта – 1,77 тыс. т, что соответствует вкладу автомобильного транспорта 44,1%. Наибольший вклад автомобильного транспорта в загрязнение воздуха оксидами азота среди областных центров характерен для Бреста, где крупными стационарными источниками выброшено 0,24 тыс. т оксидов азота, другими стационарными источниками – 0,22 тыс. т, автомобильным транспортом – 1,26 тыс. т.

В городах вне областных центров вклад автотранспорта в загрязнение воздуха оксидами азота находится в диапазоне от 0,7% до 83,5%. Более 70% оксидов азота поступает в атмосферный воздух в результате работы автомобильного транспорта в Кричеве, Солигорске, Кобрине, Горках, Мозыре и Калинковичах.

Для городов с более низким уровнем выбросов от крупных стационарных источников можно ожидать вклад автомобильного транспорта на уровне верхнего квантиля для рассмотренных городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодник состояния атмосферного воздуха. 2019 год. Белгидромет: Радиационно-экологический мониторинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosfernogo-vozduha-2019-god/>. – Дата доступа: 19.06.2020.
2. Finlayson-Pitts, B. J. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere / B. J. Finlayson-Pitts, Jr. J. N. Pitts. – Elsevier, 2000. – 969 p.
3. Belarusian Emission Inventory Data Informative Inventory Report to CLRTAP/EMEP 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2019-submissions>. – Дата доступа: 20.03.2020.
4. Openstreetmap [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.openstreetmap.org/export#map>. – Дата доступа: 07.05.2020.
5. COPERT: A European Road Transport Emission Inventory Model / L. Ntziachristos [et al.] // Information Technologies in Environmental Engineering. Environmental Science and Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2009. – pp. 491–504.

УДК 556.5

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА****HYDROLOGICAL REGIME OF THE WESTERN DVINA RIVER BASIN
IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE****Д. С. Королева¹, И. С. Данилович², Е. Г. Квач¹****D. Karaliova¹, I. Danilovich², E. Kvach¹**¹*Белгидромет, г. Минск, Республика Беларусь
gid2@hmc.by*²*Институт природопользования НАН Республики Беларусь, г. Минск*¹*Belhydromet, Minsk, Republic of Belarus*²*Institute for Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

В работе проводится оценка влияния изменения климата на гидрологический режим реки Западная Двина на основании анализа данных гидрометеорологических наблюдений. Рассмотрены характеристики сезонного, годового, максимального и минимального стока реки (исследуемый период 1945 – 2019 гг.). Установлено, что происходящие изменения продолжают тенденции, наметившиеся в последние десятилетия на реках Беларуси. Максимальные значения расходов воды в многолетнем разрезе отмечались в период 1945 – 1988 гг., минимальные – в период 1989 – 2019 гг. За последние 30 лет, приходящиеся на период потепления климата, произошло увеличение температуры воздуха до 3 °С в отдельные месяцы и осадков до 5 % по бассейну, увеличился зимний меженный сток и уменьшился весенний сток. В режиме летне-осеннего стока значимых изменений не прослеживается несмотря на засушливые условия последних лет.

This article examines the impact of climate on the hydrological regime of the Western Dvina River based on the analysis of hydrometeorological observations. The characteristics of the seasonal, annual, maximum and minimum flow of the river (the study period 1945 – 2019) are considered. It is established that the changes continue the trends that have emerged in recent decades on the rivers of Belarus. The maximum values of water consumption in the long-term section were observed in the period 1945 – 1988, the lowest - in the period 1989 – 2019. During last 30 years, which correspond to the climate change period, the winter air temperature increased up to 3 °C and precipitation by 5 % over the study river basin. Also the winter streamflow increased but spring streamflow decreased. Despite the drought conditions of the last few years the streamflow in summer-autumn low flow period did not changed significantly.

Ключевые слова: климат, водный режим, сток, половодье, тренды, максимальные расходы воды, минимальные расходы воды.

Key words: climate, water regime, runoff, flood, trends, maximum flow rate, minimum flow rate.

Работа посвящена изучению региональных климатических и гидрологических условий восточной части бассейна Балтийского моря – бассейне реки Западная Двина, сформировавшихся в течение последних десятилетий.

Исходные материалы и методология.

Для анализа происходящих изменений режима реки Западная Двина были использованы данные Государственного водного кадастра: значения средних месячных и годовых расходов, максимальных расходов воды за половодье, минимальных расходов летне-осенней межени [1]. За рассматриваемый период принят 1945 – 2019 гг., однако, в зависимости от особенностей каждой характеристики, обобщение уточнялось за более короткие интервалы с целью оценки наиболее актуальных изменений в режиме реки. Сведения Государственного климатического кадастра, в частности данные о температурном режиме и режиме увлажнения, использовались для уточнения причин изменений в речном бассейне.

Методология оценки изменений в режиме реки базировалась на правилах подготовки многолетних данных о режиме и ресурсах поверхностных вод, которые учитывают специфику обработки каждого параметра и используются в производственной деятельности Белгидромета [2].

Анализ данных проведен с помощью статистических методов: проверка рядов на однородность (критерии Фишера и Стьюдента), коэффициента парной корреляции, построения интегральных кривых и разностных интегральных кривых.

Оценка однородности гидрометеорологических рядов наблюдений по статистическим критериям Стьюдента и Фишера состоит в сравнении расчетного значения статистики критерия для однородных последовательных частей ряда, полученной по эмпирическим данным, с ее критическим обобщенным значением, при заданном уровне значимости, объеме выборки, коэффициентах автокорреляции и асимметрии [3]. По результатам оценки выявлено, что используемые ряды гидрологических и метеорологических характеристик однородны [4].

Анализ суммарных и разностных интегральных кривых годового и сезонного стока показал, что ряды сезонного стока можно разбить на две квазиоднородные совокупности.

Результаты.

Климатические условия. Для исследуемого региона ход среднегодовых температур воздуха носит синхронный характер; коэффициенты парной корреляции для всех рассмотренных метеостанций существенно превышают 0,7.

Изменение среднегодовых температур воздуха произошло главным образом за счет существенного повышения зимних температур, которое по некоторым метеостанциям в отдельные месяцы превышает 3°C (рисунок 1).

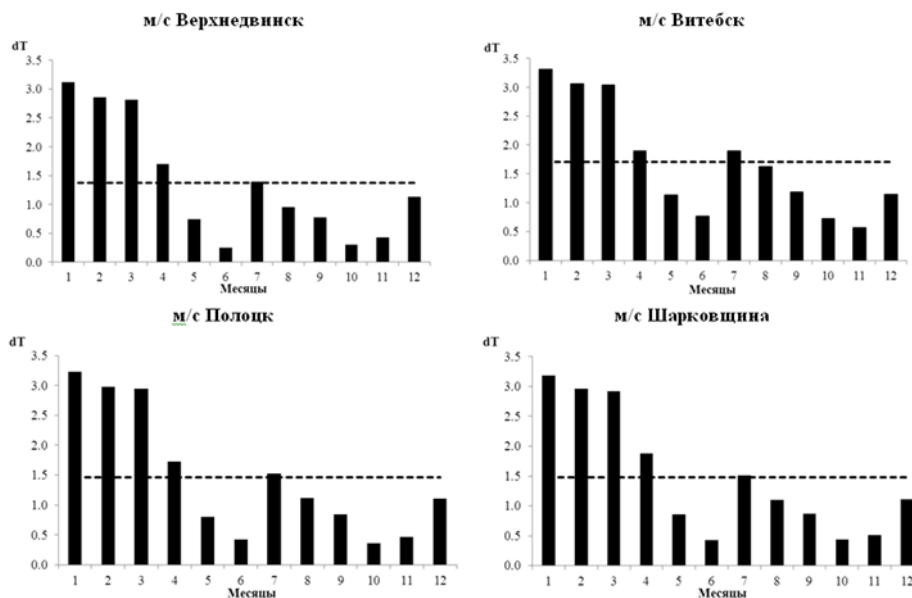


Рис. 1 – Приращение средних многолетних месячных температур воздуха за период 1989 – 2018 гг. по сравнению с периодом 1945 – 1988 гг.

Для выявления особенностей колебания температуры воздуха в бассейне р. Западная Двина построена разностная интегральная кривая за 1945-2018 гг. по метеостанции Витебск (рисунок 2).

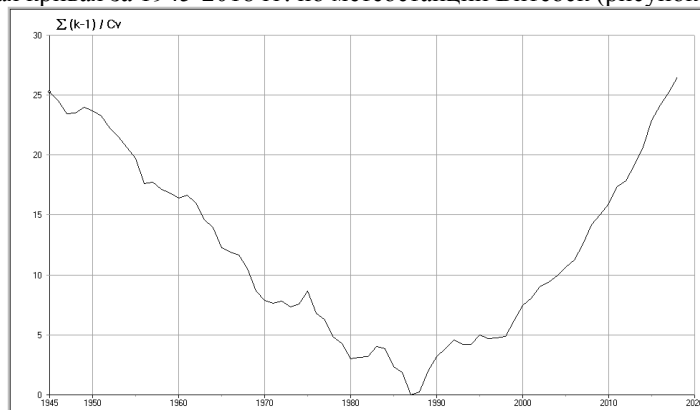


Рис. 2 – Разностная интегральная кривая среднегодовых температур воздуха по метеостанции Витебск

Как видно на рисунке 2, 1988 г. соответствует началу интенсивного роста среднегодовых температур воздуха.

Анализ многолетних данных показал, что заметного увеличения осадков за рассматриваемые периоды в регионе не наблюдается (таблица 1).

Таблица 1

Оценка изменений осадков за летне-осенний период (VI–XI) в бассейне р. Западная Двина на территории Беларуси

№	Метеорологическая станция	Средняя многолетняя сумма осадков, мм		$\Delta H = H_2 - H_1$, мм	ΔH , %
		по 1987 г. (H_1)	За 1988-2017 гг. (H_2)		
1	Витебск	401	441	40	9
2	Полоцк	417	436	19	4
3	Верхнедвинск	386	407	21	5
4	Шарковщина	379	393	14	4
Среднее значение				24	5,5

Согласно данным таблицы 1 осадки за летне-осенний период увеличились по региону в среднем на 24 мм (на 5,5 %).

Гидрологический режим.

Формирование водных ресурсов находится в тесной зависимости от физико-географических факторов (рельеф, почво-грунты, подземное питание и др.) и их величина определяется выпавшими осадками и увлажненностью предшествующего периода. В многолетнем периоде, как для осадков, так и для водных ресурсов характерны циклические колебания – периоды с высокой и малой водностью. Продолжительность циклов различной водности годового стока различны и соответствуют циклам по осадкам

Характерным для последних десятилетий явилось перераспределение стока внутри года для р. Западная Двина, особенно для зимних и весенних месяцев, заметно увеличились средние месячные расходы воды в январе-марте.

В таблице 2 представлено внутригодовое распределение стока р. Западная Двина за период наблюдений с 1945 по 1988 г. и с 1989 по 2019 гг. Увеличение зимнего стока реки объясняется увеличением осадков в этот период, частыми оттепелями, прохождением зимних паводков, смещением даты начала весеннего половодья и даты прохождения наибольшего расхода воды.

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока за период наблюдений с 1945 по 1988 г. и 1989-2019 гг.

Гидрологический пост	Зима	Весна	Лето	Осень
р. Западная Двина - Велиж	13/22	53/47	21/18	13/13
р. Западная Двина - Витебск	12/17	57/50	19/19	12/14
р. Западная Двина - Полоцк	13/19	56/49	19/19	12/13
р. Западная Двина - Даугавпилс	14/20	55/48	19/19	12/13

В зимний период вследствие увеличения температуры воздуха и более частых оттепелей стали чаще (практически ежегодно) отмечаться зимние паводки на основной реке и на притоках [5].

В период 1945 – 1988 гг. зафиксированы самые высокие значения расходов воды весеннего половодья, в период 1989 – 2019 гг. наблюдались их наименьшие значения. Анализ рядов максимальных расходов воды, слоев стока весеннего половодья и минимальных летне-осенних расходов воды показал, что линейные тренды этих характеристик отрицательные, а в рядах расходов зимнего меженного периода положительные.

Наиболее значительно выражены линейные тренды в рядах максимальных расходов весеннего половодья и минимальных зимних расходов воды, слабее – в рядах слоев стока весеннего половодья и минимальных летне-осенних расходов воды. В рядах среднегодовых расходов воды линейные тренды не значимы.

Для выявления дат нарушения условий формирования стока были построены интегральные кривые вида $\sum X = f(t)$ за период с 1945 по 2019 г. (рисунок 3).

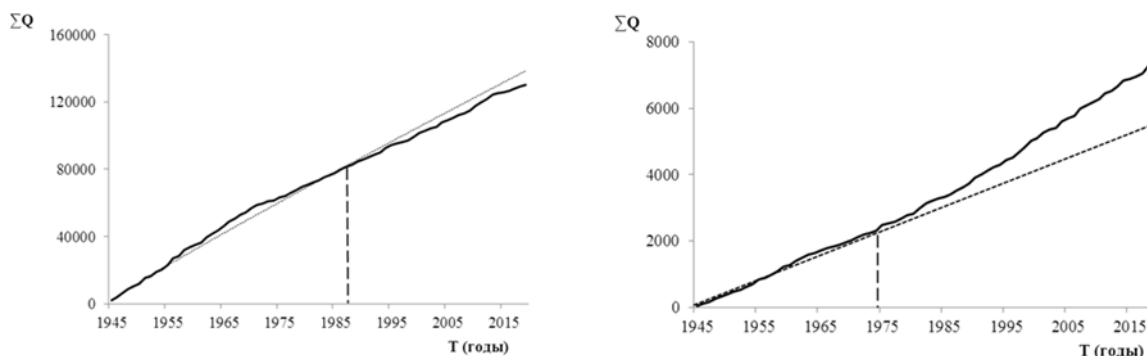


Рис. 3 – Интегральная кривая максимальных (слева) и минимальных (справа) расходов воды летне-осеннего периода ($\text{м}^3/\text{с}$); р. Западная Двина – Полоцк

Установлено, что для рядов максимальных расходов весеннего половодья, слоев стока за половодье и минимальных зимних расходов воды момент нарушения стока приходится на 1987 г., а для рядов минимальных летне-осенних расходов воды в большинстве случаев – на 1974 г.

Наименьшие расходы воды в период летне-осенней межени наблюдались в период 1964 – 1980, 1991 – 1995 и 2014 – 2019 гг. и связаны с продолжительными засушливыми условиями. В течение последних десятилетий значительно увеличилось число случаев, когда наименьший годовой расход и уровень воды отмечались в летний период.

В то же время модули минимального летне-осеннего стока практически не изменились (таблица 3).

Таблица 3

Оценка изменений минимального летне-осеннего стока рек бассейна р. Западная Двина

№	Река-Пост	Средний многолетний минимальный Суточный модуль стока, л/с км ²		$\Delta q = q_2 - q_1$, мм	$\Delta q, \%$
		по 1988 г. (q_1)	За 1989-2019 гг. (q_2)		
1	Западная Двина – Велиж	2,19	1,94	-0,25	12,9
2	Западная Двина – Витебск	1,90	1,92	0,02	1,0
3	Западная Двина – Полоцк	1,93	1,91	-0,02	-0,5
4	Западная Двина - Даугавпилс	1,99	1,94	-0,05	-2,6
5	Улла – Бочейково	1,64	1,55	-0,09	-5,8
6	Полота – Янково	1,95	2,07	0,12	5,8
7	Нача – Нача	0,57	0,73	0,16	22
8	Дисна – Шарковщина	1,22	1,21	-0,01	-0,8
Среднее значение				-0,02	+0,78

В период изменения климата отмечаются изменения в температурном и ледовом режимах реки.

На более поздние сроки (в среднем на две недели) сместились средние даты появления устойчивых ледяных образований. В последние годы отмечается устойчивое снижение значений максимальной толщины на водотоке, что обусловлено теплыми зимами. Наибольшая толщина льда на водотоке наблюдалась до 1989 г. (1947, 1956 гг.), и отмечалась в конце февраля - март.

В последние десятилетия отмечается тенденция сокращения продолжительности периода с ледовыми явлениями.

Изменились сроки перехода температуры воды в водотоке через $0,2^\circ\text{C}$ осенью и весной в связи с поздними сроками перехода температуры воздуха через 0°C осенью и ранними переходами весной. Поздний переход температуры воды через $0,2^\circ\text{C}$ осенью наблюдался во второй-третьей декадах января (2005, 2014, 2015, 2018 гг.), ранний переход температуры воды через $0,2^\circ\text{C}$ весной – 3 декада февраля (1989, 1990 гг.). В период изменения климата увеличилась средняя месячная температура воды (с марта по ноябрь) в сравнении с периодом до 1989 г.

Таким образом, основной причиной изменения водного режима рек бассейна р. Западная Двина явилось повышение температуры воздуха в зимний период. Увеличение температуры воздуха отразилось на внутригодовом распределении стока: максимальные расходы воды и слои стока за период весеннего половодья снизились, водность зимнего меженного периода увеличилась, а минимальные расходы воды летне-осеннего меженного периода практически не изменились.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный водный кадастр [Информационный ресурс]: Данные о режиме и ресурсах поверхностных вод Республики Беларусь, № свид-ва 0870100020 / Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. – Минск, дата изменения 03.04.2018.
2. ТКП 17.10-25-2010 Правила составления справочника «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод». Мн., Минприроды, 2010. – 82 с.
3. Основные гидрологические характеристики при нестационарности временных рядов, обусловленной влиянием климатических факторов. Рекомендации по расчету [Текст]: стандарт организации: СТО ГГИ 52.08.41-2017 / Росгидромет, Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный гидрологический институт" (ФГБУ "ГГИ") ; [разработчики: В. Ю. Георгиевский и др.]. - Санкт-Петербург: ГГИ, 2017. - 42 с.
4. Кокорев, А.В. Руководство пользователя программные средства автоматизации инженерных гидрологических расчетов HydroStatCalc / А.В. Кокорев, А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. – Санкт-Петербург: ГУ «ГГИ», 2011. – 46 с.
5. Волчек А.А., Шелест Т.А. Формирование зимних паводков на реках Беларуси. // Учёные записки РГГМУ, 2012, № 25, с. 5–19.

УДК 621.311.243(476)

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

LEGAL REGULATION OF GENERATING SOLAR ENERGY AND SOLAR POWER PROJECES REALIZED IN BELARUS

О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова

A. P. Meshyk, M. V. Barushka, V. A. Marozava

*Брестский государственный технический университет
г. Брест, Республика Беларусь
omeshyk@gmail.com, mvborushko@g.bstu.by, vmorozova-brest@mail.ru*

*Brest State Technical University, BSTU
Brest, Republic of Belarus*

В статье анализируется современное законодательство Республики Беларусь в сфере получения солнечной энергии. Представлены меры государственной поддержки при генерации солнечной энергии, включая финансирование, ценообразование, подключение установок по использованию ВИЭ к государственным энергетическим сетям. Приведены примеры реализации гелиоэнергетических проектов, уже реализованных в Республике Беларусь.

The article analyzes current laws of the Republic of Belarus in the sphere of solar energy generation. The authors describe such measures of governmental support as financing, pricing and introducing solar power facilities into the state energy network. They provide some examples of solar power projects which have already been completed in Belarus.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, «зеленые» тарифы, солнечная электростанция

Keywords: renewable energy sources, “green” tariffs, solar power plant

На сегодняшний день вопросы получения солнечной энергии (и других видов возобновляемой энергии), а также управления в секторе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Республике Беларусь регулирует Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. № 204-З [1]. Он включает в себя 30 статей, в которых регламентируются основные принципы государственной политики в сфере ВИЭ, субъекты и объекты правоотношений в сфере использования ВИЭ, государственное регулирование, полномочия Президента Республики Беларусь и других государственных органов, права и обязанности производителей энергии из ВИЭ, меры государственной поддержки, включая финансирование, ценообразование, подключение установок по использованию ВИЭ к государственным энергетическим сетям, выявление площадок возможного размещения таких установок и включение сведений о них в государственный кадастр ВИЭ, научно-техническое и информационное обеспечение, а также международное сотрудничество в сфере использования ВИЭ.

Одним из важнейших принципов государственной политики в сфере использования ВИЭ (энергии солнца, ветра, тепла земли, естественного движения водных потоков, древесного топлива, иных видов биомассы, биогаза, а также иных источников энергии, не относящихся к невозобновляемым) является принцип государственной поддержки и стимулирования использования возобновляемых источников энергии.

Практическая реализация данного принципа состоит в том, что государство дает возможность производителям энергии из возобновляемых источников для подключения установок по использованию таких источников энергии к государственным энергетическим сетям. При этом государственная энергоснабжающая организация (т.е. энергоснабжающая организация, входящая в состав государственного производственного

объединения электроэнергетики «Белэнерго») обязана заключать договоры на приобретение энергии с каждым из производителей электрической энергии из ВИЭ, независимо от того, кто обратится в государственную энергопоставляющую организацию.

Основной мерой поддержки использования ВИЭ в Беларуси является формирование тарифов на «зеленую» энергию. Они устанавливаются на уровне тарифов на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт•А с применением повышающих коэффициентов, дифференцированных в зависимости от вида ВИЭ, в первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установки. Для энергии, производимой с использованием энергии солнца размер повышающего коэффициента составляет 2,7.

Последующие десять лет эксплуатации установок по использованию ВИЭ, приобретение энергии, производимой из возобновляемых источников энергии, осуществляется с применением установленных в соответствии с законодательством коэффициентов, стимулирующих использование возобновляемых источников энергии. Для солнечной энергии такой коэффициент был установлен в размере 0,85 [1].

С 21.08.2015 вступили в силу основные положения Указа Президента Республики Беларусь от 18.05.2015 № 209 «Об использовании возобновляемых источников энергии» [2], который ввел квоты на создание новых, модернизацию, реконструкцию действующих установок по использованию ВИЭ, порядок установления и распределения которых определяется Советом Министров Республики Беларусь.

24.09.2019 Президент Республики Беларусь подписал Указ № 357 «О возобновляемых источниках энергии» [3], который направлен на сбалансированное развитие всех видов генерации электроэнергии с учетом ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС.

Несмотря на то, что со вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС возможен профицит электроэнергии, Указ предусматривает применение при создании, реконструкции, модернизации установок, работающих с использованием возобновляемых источников энергии, только нового оборудования и покупку электроэнергии от этих установок по стимулирующим коэффициентам, достаточным для окупаемости инвестиций. При превышении заявленных сроков строительства таких установок приобретение электроэнергии от них будет осуществляться по меньшим коэффициентам.

В таблице 1. представлены квоты на создание установок по использованию возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь на период 2019-2022 гг.

Таблица 1

Квоты на создание установок по использованию ВИЭ на 2019 – 2022 гг, МВт.

(Источник: Министерство энергетики Республики Беларусь)

Вид возобновляемого источника энергии	2019	2020	2021	2022
энергия биогаза		6	6	14
энергия ветра	15,9	19,8		19,8
энергия солнца				
энергия естественного движения водных потоков		7	55	58
энергия древесного топлива, иных видов биомассы		1,5	1,5	3
тепло земли и иных источников, не относящихся к невозобновляемым			20	40
ИТОГО:	15,9	34,3	82,5	135

Как видно из таблицы 1, квот на создание установок по использованию энергии солнца не установлено как минимум до 2022 года. Основной причиной этому является недостаточно насыщенный рынок гелиоэнергетики в республике, так как для экономики Беларуси применение солнечных электростанций только сейчас стало заметным. Еще совсем недавно в Беларуси работало всего около тридцати солнечных станций незначительной общей мощностью 41 МВт. В настоящее время на территории Беларуси установлено 110 солнечных электростанций различной мощности. Большинство солнечных электростанций имеют проектную мощность 1,3–17 МВт. Суммарная мощность электростанций в Беларуси к концу 2020 года превысила 250 МВт, однако все равно это является достаточно низким показателем и имеет значительные резервы для расширения [4]. Распределение солнечных электростанций по территории Беларуси представлено на рисунке 1.

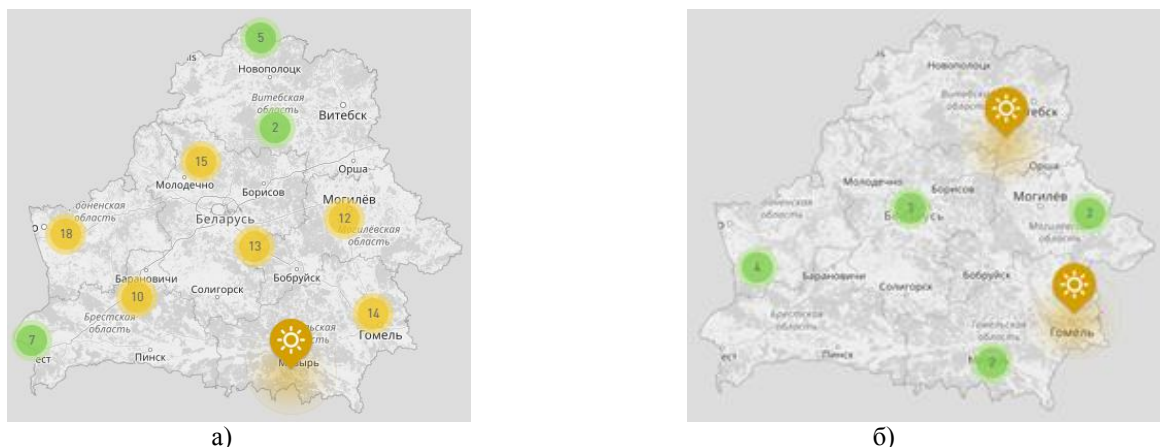


Рис. 1. – Количество солнечных станций и их распределение по территории Республики Беларусь:
а) действующие; б) планируемые
(Источник: Государственный кадастр ВИЭ Минприроды Республики Беларусь)

Рассмотрим несколько белорусских солнечных станций с наибольшей мощностью.

30 июня 2016 года введена в эксплуатацию солнечная электростанция недалеко от города Мядель (рисунок 2.). Ее мощность составляет 5,7 МВт и она может производить до 6,27 миллиона кВт электроэнергии ежегодно, что позволяет обслуживать инфраструктуру достаточно крупного агрогородка. На площади в 15 га смонтировано более 22 тысяч солнечных модулей. Капитальные вложения в строительство электростанции составили 10,6 миллионов долларов США. Половину суммы выделил Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) по специальной программе кредитования, остальную часть суммы покрыла компания Modus Energiija, входящая в структуру голландского холдинга MG NL Holding.



Рис. 2. – Солнечная электростанция ЗАО «Модус Проджектс», Мядель

Компания Velcom инвестировала 24 млн. евро в проект солнечной электростанции, на юго-западе Беларуси, вблизи Брагина – территории с высоким гелиоэнергетическим потенциалом. Площадь под солнечными панелями превышает 41 гектар, а номинальная мощность электростанции достигает 18,48 МВт. Парк состоит из 85 тыс. солнечных панелей, которые преобразуют солнечное излучение в электроэнергию постоянного тока.

Еще одна крупная в Беларуси солнечная электростанция мощностью 55 МВт введена в эксплуатацию недалеко от Речицы. Заказчиком проекта выступило ПО «Белоруснефть». На общей площади около 115 га установлено около 218 тыс. солнечных панелей. Поставщиком оборудования выступила ведущая компания из ЕС, производящая фотоэлектрические модули премиум-класса, а также монтажные системы. Работы выполнялись при научной поддержке Института энергетики НАН Беларуси. Инженерно-технические работники института, экономисты и ученые провели изыскания и энергетическое обследование, разработали укрупненное научное технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий по строительству электростанции.

Эти и другие менее значительные, но не менее значимые примеры внедрения гелиоэнергетики в нашей республике способствуют диверсификации источников энергии, а, следовательно, предлагают способы решения экономических проблем и обеспечения национальной безопасности государства. Кроме того, они вносят свой экологический вклад в снижение антропогенного воздействия на окружающую среду. Также они привлекают к себе внимание различных потребителей, демонстрируя возможности и преимущества

использования гелиоэнергетики и опровергая мнение скептиков о том, что в наших широтах солнечная энергетика бесперспективна. Таким образом, выполняется еще и просветительская функция, что медленно, но верно формирует экологическое мышление граждан Беларуси [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27.12.2010 г. № 204-З. [Электронный ресурс] / Право.by: Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=Н11000204> – Дата доступа: 25.03.2021.
2. Указ Президента Республики Беларусь от 18.05.2015 N 209 «Об использовании возобновляемых источников энергии» [Электронный ресурс] / Сайт Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://president.gov.by/ru/> – Дата доступа: 25.03.2021.
3. Указ Президента Республики Беларусь от 24.09.2019 г № 357 «О возобновляемых источниках энергии» [Электронный ресурс] / Сайт Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: http://president.gov.by/ru/news_ru/view/kommentarij-k-ukazu-357-ot-24-sentjabrja-2019-g-22074/ Дата доступа: 25.03.2021.
4. Мешик, О. П. Перспективы развития солнечной энергетики в Республике Беларусь / О. П. Мешик, М. В. Борушко. // Актуальные проблемы наук о земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов IV Между-нар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12-14 сент. 2019 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 2. – С. 22–24.
5. Борушко, М. В. Концепция экологически устойчивого развития как средство формирования «зеленого» мышления студентов-экологов / М. В. Борушко // Роль социально-гуманитарных дисциплин в формировании мировоззрения и профессиональной культуры будущего специалиста [Электронный ресурс] : электрон. сб. материалов межвуз. студен. науч.-практ. конф., Брест, 21 нояб. 2019 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Г. И. Займист, А. В. Климович. – Брест : БрГУ, 2020. – 210 с. – Режим доступа: lib.brsu.by.

УДК 911.375.227+528.85

КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР (НА ПРИМЕРЕ Г.МИНСКА И ВИТЕБСКА)**CLIMATE REGULATING FEATURES OF THE URBAN STRUCTURES (ON THE EXAMPLE OF MINSK AND VITEBSK)****Л. А. Кравчук, Н. М. Баженова, А. А. Яновский****L. A. Kravchuk, N. M. Bazhenova, A. A. Yanovskiy**

*Институт природопользования НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь
kravchu-k@yandex.by*

*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus*

Для оценки климаторегулирующих особенностей различных градостроительных структур с использованием сведений о структуре и функциональном назначении территорий в городах Минск и Витебск выделены типы и виды климатопоп. Совместное использование ГИС и данных дистанционного зондирования Земли позволило провести дифференцированную оценку температуры подстилающей поверхности (LST) и нормализованного вегетационного индекса (NDVI) для различных видов городских климатопоп. Полученные результаты демонстрируют сравнительно низкие средние показатели LST в водных, лесных, парковых климатопопах и растительности в поймах рек. В застроенной части города LST имеет наиболее высокие значения в производственных, коммунально-складских и дорожных климатопопах. Выявлена высокая корреляция между LST и степенью озелененности климатопоп в Минске и Витебске соответственно в $-0,78$ и $-0,77$, что подтверждает высокую климаторегулирующую роль городской растительности.

To assess the climate-regulating features of various urban planning structures using information about the structure and functional purpose of territories in the cities of Minsk and Vitebsk, the types and species of climatopop were identified. The combined use of GIS and Earth remote sensing data made it possible to carry out a differentiated assessment of the land surface temperature (LST) and the normalized vegetation index (NDVI) for various types of urban climatopop. The results obtained demonstrate comparatively low average LST values in aquatic, forest, park climatopop and vegetation in river floodplains. In the built-up part of the city, LST has the highest values in industrial, communal storage and road climatopop. A high correlation was revealed between LST and the degree of greening of climatopop in Minsk and Vitebsk, respectively, at $-0,78$ and $-0,77$, which confirms the high climatic regulating role of urban vegetation.

Ключевые слова: город, климатопоп, зеленая инфраструктура, микроклимат, остров тепла.

Keywords: city, climatopop, green infrastructure, microclimate, heat island.

Изменение качества городской среды обусловлено как высокими техногенными нагрузками (загрязнение атмосферного воздуха, шумовые воздействия и др.), так и антропогенным преобразованием городских территорий, ведущим к появлению климатических аномалий микро- и мезомасштаба. Высокая плотность и этажность застройки, увеличение участков с искусственным покрытием, снижение озелененности городских территорий, рост эмиссий аэрозолей и антропогенного тепла приводят к изменению радиационного и теплового балансов, температуры воздуха, изменению характера движения ветров, перераспределению осадков и другим изменениям, влияющим на комфортность окружающей среды для населения, возникновению «островов тепла».

Оптимизация градостроительных процессов для целей устойчивого развития урбанизированных территорий в условиях изменения климата требует знаний о влиянии различных типов организации городского пространства на микроклиматические параметры территории.

Возможности познания взаимодействия природной составляющей и техногенной инфраструктуры городских территорий расширились в связи с развитием ГИС и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Эффективность использования данных ДЗЗ обусловлена возможностью получения важных характеристик природных и природно-техногенных геосистем в требуемом временном диапазоне (в том числе для ретроспективного анализа), одновременностью оценок, широтой охвата территорий. С развитием технологий ДЗЗ расширился спектр исследований индикационных параметров космических снимков для диагностики качественных и количественных характеристик наземных экосистем, в том числе и на урбанизированных территориях [1].

Дифференциация урбанизированной территории на участки со сходными параметрами застройки и типами функционального использования является одним из приемов познания особенностей функционирования различных градостроительных структур и элементов их организации.

Для оценки зависимости основных микроклиматических характеристик от типа градостроительных образований в качестве единицы анализа и картографирования были выделены участки городской территории, обладающие сходными параметрами застроенности и функционального использования – климатопы [2, 3].

На основании исследований [2] обозначены характерные микроклиматические особенности основных типов климатопов, встречающихся в городах, среди которых:

- водный, характеризующийся в летний период более прохладным воздухом в дневное время, и более теплым – ночью, высокими значениями влажности воздуха и скорости ветра;
- луговой, а также сельскохозяйственный, имеющие большую суточную и сезонную амплитуду температуры и влажности воздуха, практически не влияющие на воздушные потоки;
- лесной, лесопарковый, парковый, отличающиеся сглаженными суточными и годовыми ходами температуры и влажности воздуха, пониженной температурой и повышенной влажностью воздуха в летний период, по сравнению с открытыми пространствами;
- низкоплотная малоэтажная застройка с высокой степенью озелененности, имеющая параметры основных климатических характеристик, сравнимые с луговыми климатопами, но менее заметное понижение температуры воздуха в ночные часы и более заметное снижение средней скорости ветра;
- историческая малоэтажная плотная застройка с низкой степенью озелененности, высокой долей искусственных покрытий, имеющая слабый воздухообмен с окружающим пространством, заметное повышение дневных температур и слабо выраженное смягчение ночных минимумов в приземном слое атмосферы;
- жилая многоэтажная застройка, где ночное выхолаживание выражено слабо, воздухообмен с прилегающей территорией затруднен, скорость ветра по сравнению с открытыми пространствами снижена;
- высокоплотная застройка с высотными зданиями и низкой долей насаждений, которая характеризуется резким дневным перегревом воздуха и его слабым остыванием в ночные часы, снижением скорости ветра при формировании локальных участков струйных воздушных потоков вдоль улиц и проездов, а также участков с контрастными скоростями ветра при обтекании воздухом отдельных высотных зданий;
- производственные и коммунально-складские территории, плотно застроенные зданиями, с большой долей искусственных покрытий и низкой степенью озелененности. В суточном и годовом ходе метеовеличин здесь прослеживаются повышенный температурный фон и низкая влажность воздуха. Воздухообмен затруднен, скорость ветра всегда ниже средних по городу. Имеют большую тепловую инерцию и выделяют тепло техногенного происхождения;
- транспортные магистрали, характеризуются интенсивным перегревом днем и быстрым ночным охлаждением. При определенных условиях создают эффект ветрового «каньона».

Типология и соотношение климатопов могут изменяться и зависят от природных условий, планировочной организации городской территории и интенсивности техногенных процессов.

Совместное использование ГИС-проектов территорий Минска и Витебска, дифференцированных в разрезе различных видов климатопов и данных ДЗЗ дало возможность оценить влияние основных типов градостроительных структур на поддержание благоприятных условий окружающей среды в городах, в том числе микроклимата.

Территории Минска и Витебска с использованием ГИС были дифференцированы на типы и виды климатопов. В классе незастроенных территорий выделялись следующие типы климатопов: водные, лесные, лугопарковые, парковые, сельскохозяйственные (СХ), малых ландшафтных форм (МЛФ – скверов, бульваров), резервных озелененных территорий (РОТ), включающие неблагоустроенные озелененные территории нелесного типа, в том числе с участием древесно-кустарниковой растительности. В классе застроенных территорий выделялись климатопы: жилой многоквартирной, усадебной и дачной застройки (ЖМ, ЖУ, ДЧ), исторического центра (ИЦ), спецтерриторий (СП), общественной застройки (О) различных видов, производственной (П), коммунально-складской (КС) застройки, дорожной инфраструктуры (ДОР) и участки незавершенного строительства (УЗ). Среди типов выделялись различные виды климатопов в зависимости от положения в рельефе и степени антропогенного преобразования [4]. В Минске было идентифицировано 16 типов и 50 видов климатопов, в Витебске – 17 типов и 47 видов.

Для оценки роли озелененных территорий в формировании микроклиматических условий в различных типах градостроительных образований Минска и Витебска по данным ДЗЗ были рассчитаны значения нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и температуры подстилающей поверхности (Land Surface Temperature – LST) [4]. Основным критерием выбора даты снимка, помимо времени проведения наземных исследований структуры озелененных территорий, являлась минимальная облачность в период наиболее активной вегетации растений. В Минске для оценки LST использовались данные спутника ASTER на 14.08.2017 г., для оценки NDVI – Sentinel-2 на 12.08.2017 г. [4]. Для Витебска использовались данные спутника Landsat 8 (на 25.07.2015 г.). Температура воздуха на момент съемки оценивалась по данным архива погоды в городах (<https://meteo.by/minsk/retro/>).

Картографический анализ позволил построить картосхемы распределения LST, NDVI и степени озелененности городских территорий в разрезе климатопов и выявить соотношение различных типов климатопов в пределах городской черты Минска и Витебска, которое представлено на рисунке 1 (А, Б).

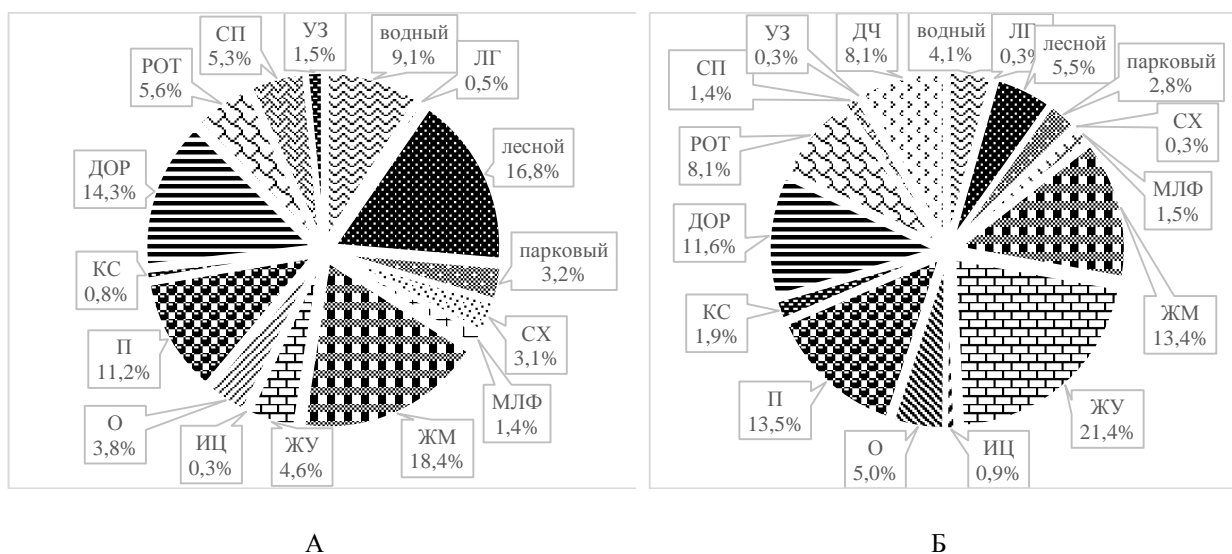


Рис.1. Соотношение различных типов климатопов на территории г.Минска (А) и Витебска (Б). Условные обозначения типов климатопов: в незастроенной части города: ЛГ – лугопарковые, СХ – сельскохозяйственные, МЛФ – малые ландшафтные формы (скверы, бульвары и др.), РОТ – резервные озелененные территории; в застроенной части: ЖМ– жилая многоэтажная, ЖУ – жилая усадебная, ДЧ – дачная, О – общественная, П – производственная, КС – коммунально-складская застройки, ИЦ – исторический центр, СП – спецтерритории, ДОП – дорожная инфраструктура, УЗ – участки незавершенного строительства.

В Минске на период исследования невысокими средними значениями LST характеризуются водные и лесные климатопы. Средние значения LST увеличиваются в ряду парки, лугопарки, резервные озелененные территории, малые ландшафтные формы МЛФ, сельскохозяйственные земли. В классе застроенных территорий городов средние значения LST увеличиваются в ряду: дачная (в Витебске), жилая усадебная, жилая многоквартирная, общественная застройка, исторический центр, дорожная сеть, производственная, коммунально-складская застройка. В Витебске особенности изменения температуры подстилающей поверхности в различных типах градостроительных структур при незначительном варьировании сходны с таковыми в Минске (рис. 2А, Б).

Высокие средние и максимальные значения LST диагностировались на участках с высоким участием зданий, сооружений и поверхностей с твердым покрытием в составе климатопов. Минимальные значения, которые, как правило, ниже температуры атмосферного воздуха, обусловлены охлаждением растительного покрова за счет эвапотранспирации, а также испарением с поверхности водных объектов в составе климатопов. Эффективность функционирования растительного покрова определяется видовой и возрастной структурой насаждений, соотношением элементов озеленения (деревьев, кустарников, газонов), их состоянием. Интересно отметить более высокие, чем температура атмосферного воздуха города (по данным метеонаблюдений на станциях), показатели LST (средние и максимальные) практически во всех климатопах Минска в сравнении с Витебском. Это может быть обусловлено более высокими температурами воздуха в Минске ($T_{\text{возд}}$ до 27–31°C) в дни, предшествующие дате съемки, возможны также иные причины.

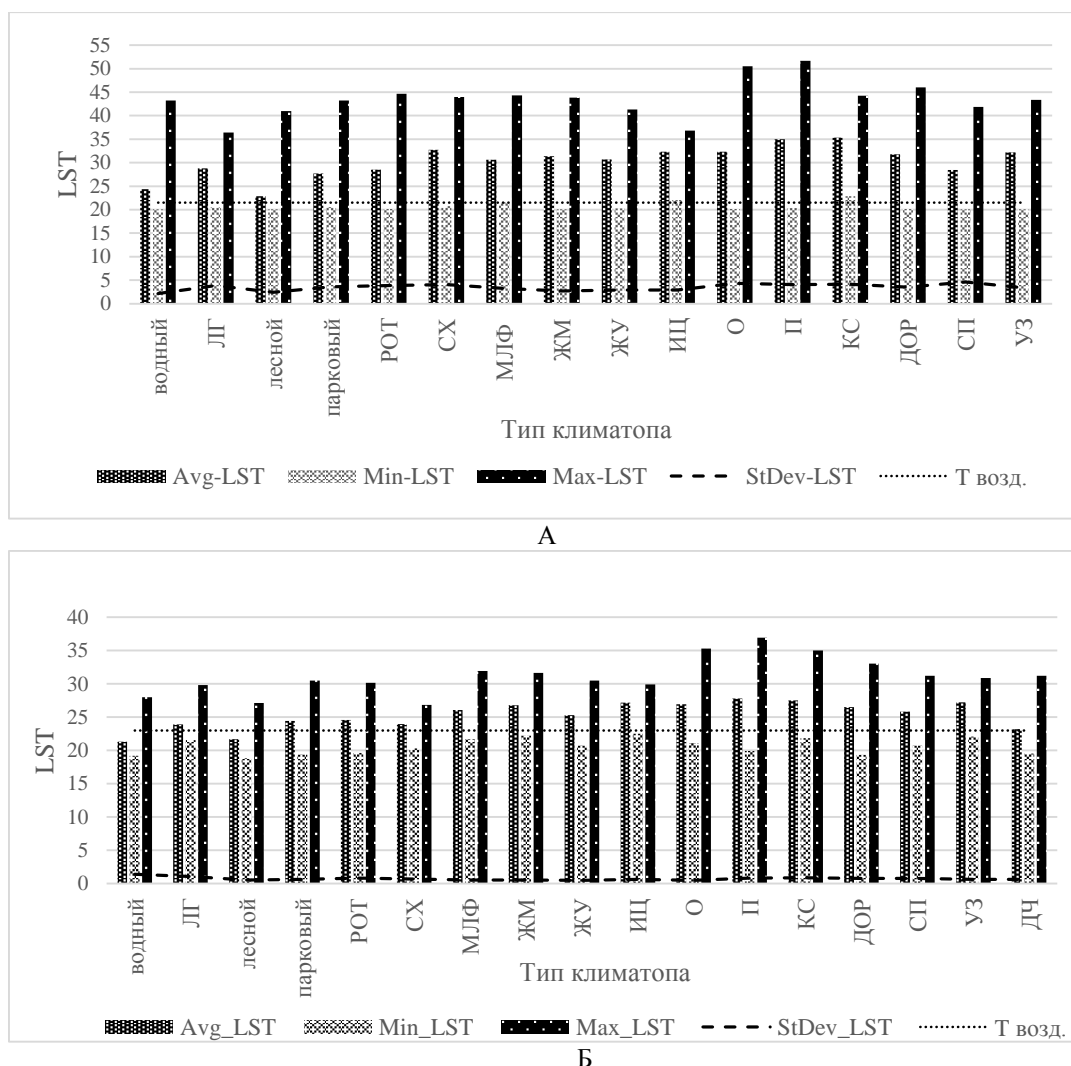


Рис.2. Температура подстилающей поверхности в различных типах климатопов Минска (А) и Витебска (Б)

Уровень озелененности различных климатопов в городах определялся по соотношению числа пикселей с NDVI, соответствующих растительности ($>0,4$), к общему числу пикселей, центры которых попали в данные климатопы. Коэффициент парной линейной корреляции между температурой подстилающей поверхности (LST) и степенью озелененности различных климатопов Минска и Витебска оказались равными, соответственно, $-0,78$ и $-0,77$. Это подтверждает высокую роль растительности в формировании благоприятных микроклиматических условий в различных типах градостроительных структур, особенно в летний период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Remote sensing of urban and suburban areas; eds. T. Rashed, C. Jürgens. – Springer Netherlands, 2010. – 352 p. – doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4385-7>.
2. Город, архитектура, человек и климат / М. С. Мягков [и др.]. – М.: Архитектура-С, 2007. – 344 с.
3. Stewart, I. D. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies [Electronic resource] / I. D. Stewart, T. R. Oke. – 2012. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>. – Date of access: 21.03.2019.
4. Кравчук Л. А., Яновский А. А., Баженова Н. М., Санец Е. В. Оценка средоформирующих функций природно-экологического каркаса городской территории (на примере г. Минска) // Природопользование. – 2020. – № 1. – С. 76–85.

УДК 504.03

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ROCKET ENGINE BUILDING

Н. О. Уськов

N.O. Uskov

*Поволжский государственный технологический университет
г. Йошкар-Ола, Российская Федерация
nik.uskov-ilp@yandex.ru*

*Volga State University of Technology
Yoshkar-Ola, Russian Federation*

Данная статья охватывает область экологии и посвящена проблеме изменения климата. В статье обращается внимание на влияние производства ракетного топлива и запусков ракет-носителей на здоровье человека, а также окружающую среду. Ракетное топливо содержит в себе очень токсичные компоненты, такие как: гептил, амил, азотный тетраоксид и др. Самое большое внимание непосредственно уделяется загрязнителям, оказывающие значительное воздействие на местном уровне для населения, биоты и растений, где производят и запускают ракеты в космос.

This paper covers the field of ecology and is devoted to the problem of climate change. The paper attention is drawn to the impact of rocket fuel production and launch vehicles on human health, as well as the environment. Rocket fuel contains very toxic components, such as: heptyl, amyl, nitrogen tetroxide, etc. The greatest focus is directly on pollutants that have significant local impacts on the population, biota, and plants where rockets are produced and launched into space.

Ключевые слова: изменение климата, экология, ракетное топливо, ракета-носитель, здоровье человека, окружающая среда.

Keywords: climate change, ecology, rocket fuel, launch vehicle, human health, environment.

Затрагивая проблемы климата и окружающей среды, сейчас намного больше говорят о транспорте, но не о ракетах, которые запускают в космос и какое влияние они могут оказывать на всю биосферу Земли. Полёты в космос оказывают небольшое воздействие на планету, но на местном уровне они очень опасны. К большому сожалению, большинство космических запусков не регистрируются на радарх экологов. Двигатели ракет выделяют из себя частицы сажи, различные реактивные газы и оксиды алюминия, которые могут нанести ущерб местной биоте, водным организмам и растениям. Также ракетное топливо способно разрушать озоновый слой. В особенности загрязняющие вещества попадают напрямую в верхнюю и среднюю часть стратосферы, где могут распространиться на большие расстояния.

Люди, работающие на заводах, где производят ракетное топливо и происходят ракетные испытания, подвергаются серьёзной опасности для собственного здоровья.

Существуют определённые риски, связанные с местом падения многоступенчатых ракет. Такие ступени могут содержать в себе большое количество несгоревшего топлива, которое токсично для людей и дикой природы. Бывают также случаи, что отработанная ступень не всегда приземляется в указанную точку, что может привести к негативному эффекту для жителей определённой территории. Для этого важно:

- 1) определить вероятные риски для здоровья и окружающей среды, связанные с запусками ракет;
- 2) найти и разработать экологичное топливо;
- 3) внедрить наиболее экологичные технологии в ракетостроение.

Всего существует 3 категории, связанные с операциями запусков ракет, влияющие на окружающую среду и здоровье людей: предстартовые риски, успешные запуски и неудачные запуски.

Предстартовые запуски. Токсичные химические соединения, используемые при производстве ракетного топлива, могут вызвать у людей тяжёлые хронические телесные и внутренние повреждения.

Успешные запуски. В процессе запусков ракет в атмосферу выбрасываются химические вещества (соляная кислота, оксид алюминия и др.), которые могут быть вредными при вдыхании в высоких

концентрациях. Кроме этого, выхлопные газы также могут загрязнять почву и воду. Когда ступени сбрасываются в рамках успешного

испытания, то главной проблемой для населения, живущего в зоне падения, является опасность быть поражёнными от падающих обломков ракет. Такие случаи характерны больше для стартовых площадок, где производятся запуски. Районы падения по своему экологическому статусу отвечают категории «зон» экологического бедствия, а районы влияния соответствуют «зоне экологического кризиса».

Неудачные запуски. Бывают моменты, когда неудачные запуски порождают за собой различное количество негативных проблем. Воздействие их будет усиливаться на здоровье человека и окружающую среду из-за большого количества несгоревшего топлива рассеянного на поверхности Земли и в водоёмах. Такое топливо может быть высокотоксичным для людей, дикой природы и водных организмов.

Анализируя влияние внедрения зеленой технологии для индустрии запусков, имеет место аналогия с автомобильной промышленностью. На основе этого исследования более ограниченные экологические правила обяжут космическую отрасль инвестировать в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области зелёных технологий. Согласно результатам анализа, проектирование совершенно новой ракеты с более эко-логичным топливом может стоить около 700 млрд. рублей, которая несколько выше, чем ракета на основе применения обычного топлива. Однако, внедрение новой ракеты с использованием экологичного топлива должно увеличить страховые тарифы для первичных полётов, поскольку технология является новой и непроверенной. Эти крупные инвестиции будут необходимы рано или поздно, поскольку число людей, заинтересованных в более экологичной среде, увеличивается с каждым годом. Развитие суборбитальных полётов может обеспечить хорошую возможность по внедрению более экологичного вида топлива в космическую деятельность.

Атмосфера, тропосфера и другие ландшафты загрязняются непосредственно веществами 1-го и 2-го класса опасности. Веществами 1-го класса опасности являются: НДМГ (гептил), нитрозодиметиламин, формальдегид и амил. К веществам 2-го класса опасности относятся: оксиды азота, азотный тетраоксид, тетраметилтетраэтен. Вышеупомянутые химические вещества имеют канцерогенные, мутагенные и тетраэтные эффекты воздействия на биологические объекты и поверхность Земли.

На сегодняшний день не существует методов обезвреживания гептила и продуктов его распада, которые эффективно бы влияли на биосферу. Таким образом, длительность самоочищения почв от гептила составляет до 34 лет, а то керосина до 5 лет. В зонах падения упавших ступеней ПДК гептила составляет превышение в 5000 раз от нормы.

В поддержку идеи более экологичной космической промышленности необходимой задачей является увеличение достаточного бюджета на исследования и разработки в существующих космических агентствах и частных компаниях по исследованию космического пространства.

Твердое ракетное топливо является более вредным, чем жидкое. Исходя из этого, считается, что более экологичное топливо можно будет преобразовать к существующим системам запуска без серьёзных модификаций. Предлагаемая технология обеспечит оптимальный уровень рентабельности от инвестиций в космическую деятельность и экологические выгодные условия. Разработка показателей экологической эффективности в космической индустрии будет играть благостную роль для Земли и живущих на ней людей. Такие показатели могут использоваться в качестве маркетингового инструмента для повышения устойчивости в индустрии запусков ракет-носителей, космического туризма и межпланетных полётов.

Каждое космическое агентство устанавливает свой собственный перечень политики экологических нормативных запусков. Например, в США национальное управление по авиации и исследованию космического пространства и федеральное управление гражданской авиации создали ряд правил, которые должны соответствовать закону о национальной экологической политике. «NASA», «Роскосмос» и частная космическая компания «SpaceX» также установили систему экологического менеджмента, направленную на решение экологических проблем на Земле. В Европе европейское космическое агентство создало координационное бюро по вопросам устойчивого развития, в которой рассматривается экологическая, экономическая и социальная устойчивость. Национальный центр космических исследований и национальное управление по авиации и исследованию космического пространства сертифицировали свои космодромы по стандартам ISO:14000. В соответствии с китайским экологическим законом о защите, все организации в КНР, включая космическую промышленность, должны осуществлять планы по охране окружающей среды и принимать эффективные меры по предотвращению загрязнения окружающей среды.

На сегодняшний день обозначен круг проблем, который включает в себя методические, правовые, технические и санитарно-гигиенические аспекты, порождённые развитием космического комплекса. Но, как показывает практика, на данный момент, так и не проводятся систематические оценки воздействия запусков ракет от стартовых площадок, а также не налажены комплексные исследования всех составляющих экосистем. В настоящее время практически отсутствует утверждённая нормативно-правовая база для проведения оценки в исследованиях воздействия на окружающую среду, отсутствуют утверждённые экономические показатели для расчёта пагубного ущерба природе.

Все нынешние и будущие космические державы должны утвердить действующие международные договоры в области защиты по окружающей среде. Кроме того, от этих стран также требуется собраться

вместе и подготовить проект международного соглашения о космической устойчивости, направленный на защиту окружающей среды в процессе осуществления государствами космической деятельности. Также рекомендуется всем

космическим агентствам утвердить системы экологического менеджмента с внешними третьими сторонами аудита для обеспечения соблюдения установленных требований национальных экологических норм и правил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный стандарт Российской Федерации. Экологическая безопасность ракетно-космической техники. Общие технические требования : ГОСТ Р 52985-2008.; введ. 2009-01-07. – М.: Москва Стандартинформ, 2008. – 70 с.

2. О космической деятельности [Электронный ресурс] : Федеральный закон, 20 авг. 1993 г., № 5663-1-ФЗ : в ред. Федер. закона от 29.11.1996 N 147-ФЗ // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс» – М., 2016.

3. Власов, М.Н. Экологическая опасность космической деятельности : Аналит. Сб. / М.Н. Власов, С.В. Кричевский. – М: Наука, Центр экологической политики России. – 1999. – 238 с.

4. Трушляков, В. И. Снижение техногенного воздействия токсичных компонентов ракетного топлива на окружающую среду : Монография / В.И. Трушляков, В.В. Шалай, Я.Т. Шатров – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2004 - 219 с.

УДК 551.583:630*43

**ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА БАЛАНС ВЫБРОСОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ****INFLUENCE OF FOREST FIRES ON THE GREENHOUSE
GAS EMISSION BALANCE IN THE REPUBLIC OF BELARUS****В. М. Конькова****V. M. Kankova**

*РУП «Белорусский научно-исследовательский центр «Экология»,
г. Минск, Республика Беларусь
konkova_wiktorija@mail.ru*

*RUE «Belorussian Research Center «Ecology»
Minsk, Republic of Belarus*

Статья посвящена оценке выбросов парниковых газов от лесных пожаров. Рассмотрены особенности оценки выбросов парниковых газов от лесных пожаров в Республике Беларусь. В настоящей работе были использованы методики, принятые Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК). Рассматривается влияние климатических изменений на интенсивность лесных пожаров. Дана обобщенная характеристика современных пожарных режимов Беларуси и их влияния на лесные экосистемы и окружающую среду. Количество и состав газов, выделяемых при лесных пожарах, зависят от типов пожара и пожарного сезона, состава и других таксационных показателей лесов, метеорологических условий, соотношения фаз горения (тления и пламенной фазы) и некоторых других факторов. Общие выбросы от пожаров и контролируемого сжигания биомассы в 2019 году составили 887,4 тыс. т CO₂-экв., что составляет 0,98 % общенациональных выбросов парниковых газов в стране.

The article devotes to assessment of greenhouse gas emissions from forest fires. The features of the assessing greenhouse gas emissions from the forest fires in the Republic of Belarus are considered. The methods adopted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) are used in this work. The influence of the climate changes on the intensity of forest fires is considered. A generalized description of recent fire regimes in Belarus and their impact on forest ecosystems and the environment are given. The amount and composition of gases released during forest fires depend on the types of fire and fire season, the composition and other taxation indicators of forests, meteorological conditions, the ratio of combustion phases (smoldering and flame phase) and some other factors. The total emissions from fires and controlled combustion of biomass in 2019 amounted to 887,4 thousand tons of CO₂-eq., which is 0,98% of the total national greenhouse gas emissions in the country compared to 2018.

Ключевые слова: атмосферный воздух, парниковые газы, изменение климата, лесные пожары, уязвимость и адаптация к изменениям климата

Keywords: atmospheric air, greenhouse gases, climate change, forest fires, vulnerability and adaptation to climate change

Введение. Ежегодно на территории Беларуси часть лесных насаждений погибает в результате воздействия неблагоприятных факторов внешней среды. Основным фактором гибели древостоев являются пожары. В результате этих повреждений происходят залповые выбросы ПГ в атмосферу. Для оценки этих выбросов использованы материалы государственной статистической отчетности, в которой приведены данные о площадях погибших насаждений в лесах Республики Беларусь [1].

В силу своего породного, возрастного, структурного состава и сильного антропогенного воздействия леса на территории страны являются потенциально пожароопасными, 67,3 % их площади отнесены к наиболее высоким (I–III) классам природной пожарной опасности. В общей площади лесных земель насаждения I класса природной пожарной опасности занимают 6,7 %; II – 26,1; III – 34,5; IV – 25,7; V – 7,0 % [2].

Республика Беларусь является страной, входящей в приложение I Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). РКИК ООН подписана Республикой Беларусь в 1992 г. и ратифицирована в 2000 г. Эта конвенция не устанавливает каких-либо ограничений и запретов на конкретные виды экономической деятельности.

В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Республика Беларусь разрабатывает, ежегодно обновляет и представляет Конференции Сторон РКИК ООН национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (далее – кадастр ПГ), который готовится согласно Руководящими принципами Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 2006 г. [3].

Согласно Руководящим принципам МГЭИК необходимо проводить оценку выбросов парниковых газов (ПГ) при пожарах. В Республике Беларусь оценка выбросов ПГ, высвобождаемых в результате сжигания биомассы, выполняется на основе статистических данных о лесных площадях, подверженных определённому типу пожаров (рисунок 1, таблица 1).

Материалы и методика исследований. При расчёте эмиссий рассматривались 3 типа пожаров (верховые, низовые и почвенные).

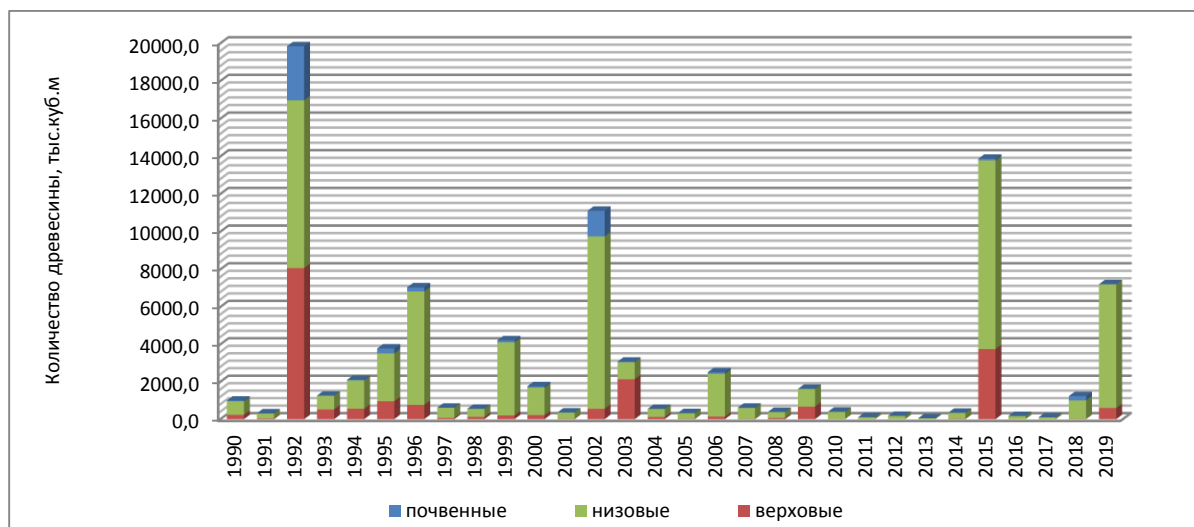


Рис. 1 – Данные о площадях лесных пожаров различных типов, га

Таблица 1

Площадь лесов, подверженных определённому типу пожаров, га

Год	Общая площадь лесных пожаров			
	всего	верховые	низовые	почвенные
1990	994,6	232,7	723,3	38,6
1995	3780,0	957,0	2557,0	266,0
2000	1760,0	220,0	1470,0	70,0
2005	321,2	15,2	299,1	6,9
2010	424,0	6,9	378,3	14,3
2015	16946,5	3749,0	10039,3	81,5
2016	250,9	2,5	163,5	1,1
2017	106,6	0,0	94,7	0,7
2018	1242,6	14,8	991,2	226,5
2019	7352,4	596,3	6613,0	2,4

Оценка выбросов ПГ, высвобождаемых в результате сжигания биомассы, выполнялась в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК 2006 [3]. Количество и состав пожарных эмиссий зависят от типов пожара и пожарного сезона, состава и других таксационных показателей лесов, метеорологических условий, соотношения фаз горения (тления и пламенной фазы) и некоторых других факторов [4].

На основе данных, предоставленных Институтом леса Национальной Академии наук Беларуси, были получены национальные коэффициенты для оценки выбросов ПГ при лесных пожарах различных типов. При верховом пожаре на 1 га сгорает 35 т. органических материалов в пересчете на сухое вещество, а во время

низовых и подземных соответственно 13 и 120 т.с.в/га. Послепожарный отпад составляет 80 т/га при верховом пожаре, 25 – при низовом и 50 – при подземном [5].

Количество углерода, высвобождаемого при пожарах, рассчитывалось с помощью уравнения (таблица 2):

$$L_{\text{пожары}} = \sum(A \times C_m \times CF) \tag{1}$$

где A – площадь леса, пройденная определённым типом пожара, га;
 C_m – масса сгоревшего органического материала при определённом типе пожара, т.с.в/га;
 CF – доля углерода в сухом веществе равная 0,47 т С/т.с.в (по умолчанию) [3].

Таблица 2

Выбросы ПГ от лесных пожаров, тыс. т

Год	CO ₂	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x
1990	38,22	0,17	1,46	0,01	0,04
1995	170,02	0,74	6,49	0,05	0,18
2000	60,68	0,26	2,32	0,02	0,07
2005	9,04	0,04	0,35	0,00	0,01
2010	11,85	0,05	0,45	0,00	0,01
2015	467,90	2,04	17,87	0,14	0,51
2016	4,04	0,02	0,15	0,00	0,00
2017	2,27	0,01	0,09	0,00	0,00
2018	69,94	0,31	2,67	0,02	0,08
2019	577,42	2,52	22,05	0,17	0,63

Из рисунка 2 видно, что годовое количество выбросов ПГ от лесных пожаров находятся приблизительно на одном уровне, однако за некоторые годы наблюдаются резкие увеличения выбросов, что связано с увеличением их площади, что в свою очередь вызвано высокой средней температурой воздуха в эти годы.

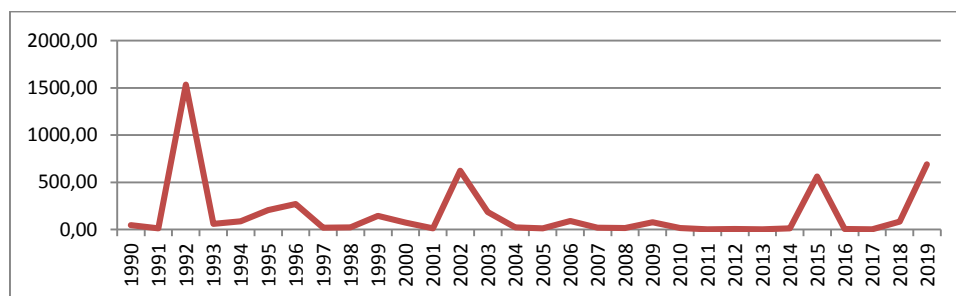


Рис. 2 – Выбросы ПГ от лесных пожаров, тыс. т CO₂-экв.

Контролируемое сжигание порубочных остатков в Республике Беларусь, проводимое при рубках главного пользования в сухих условиях местопроизрастания за исключением участков с радиационным загрязнением, является незначительной категорией выбросов. По данным Министерства лесного хозяйства их сжигание производится примерно на 30 % лесосек. В соответствии с Методическими указаниями по определению вторичных древесных ресурсов при заготовке деловой древесины образуется 12,2 % лесосечных отходов, из которых 9,6 % используется для укрепления трелевочных волоков, оставшиеся 2,6 % либо разбрасываются, либо сжигаются на лесосеке в зависимости от условий местопроизрастания насаждений [5].

Количество углерода, высвобождаемого при контролируемом сжигании, рассчитывалось с помощью уравнения:

$$L_{\text{сжиг}} = V \times fd \times 0,026 \times D \times 0,9 \times Cf \tag{2}$$

Где V – объем ликвидной древесины, заготовленной при рубках главного пользования, м³; fd – доля биомассы, потерянная в результате возмущения, равная 30 %; D – плотность абсолютно сухой древесины, т.с.в./м³ вл.в. (МГЭИК, 2006); Cf – коэффициент сгорания, по умолчанию 0,45 [3]; 0,9 – часть окисленной биомассы в результате сжигания, по умолчанию [3].

Результаты. В таблице ниже представлены данные по выбросам ПГ в результате контролируемого сжигания биомассы.

Таблица 3

Выбросы ПГ от контролируемого сжигания биомассы в Республике Беларусь, тыс. т

Год	CO ₂	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x
1990	32,940	0,144	1,258	0,001	0,036
1995	22,810	0,100	0,871	0,001	0,025
2000	22,430	0,098	0,856	0,001	0,024
2005	27,170	0,119	1,038	0,001	0,030
2010	35,950	0,157	1,373	0,001	0,039
2015	45,340	0,198	1,731	0,001	0,049
2016	37,150	0,162	1,419	0,001	0,040
2017	39,570	0,173	1,511	0,001	0,043
2018	42,460	0,185	1,621	0,001	0,046
2019	175,674	0,767	6,708	0,005	0,190

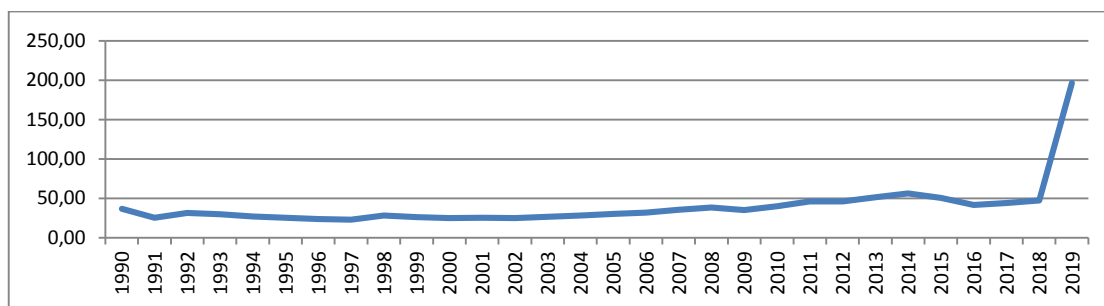


Рис. 3 – Выбросы ПГ от контролируемого сжигания биомассы, тыс. т CO₂-экв.

Из рисунка выше видно, что количество выбросов от контролируемого сжигания биомассы значительно увеличилось в 2019 году, что в первую очередь связано с увеличением количества рубок в стране. Поток углерода вследствие разложения древесины деревьев, погибших от повреждений пожарами, несколько выше прямых эмиссий и менее определён, поскольку надёжно отделить послепожарный отпад от других его видов (патологического, естественного) невозможно. Оценок таких мало. В данной работе такие оценки не проводились.

Общие выбросы от пожаров и контролируемого сжигания биомассы в 2019 году составили 887,4 тыс. т CO₂-экв., что составляет 0,98 % общенациональных выбросов парниковых газов в стране.

Выводы. Массовые лесные пожары, количество которых увеличилось в последние годы, влияют на выбросы парниковых газов и, соответственно, пожары остаются хоть и не единственной, но мощной причиной изменения климата. И наоборот. Чем чаще горит лес, тем труднее ему восстановиться, и он всё меньше будет поглощать парниковых газов и работать как естественная преграда для изменения климата.

Кроме того, дымовые шлейфы от пожаров уменьшают прозрачность атмосферы и влияют на процессы облако- и осадкообразования на обширных территориях.

По мере антропогенных климатических изменений подобные катастрофы станут происходить все чаще. Более того, сами нынешние пожары вносят вклад в глобальное изменение климата.

Коренное усовершенствование системы охраны лесов от пожаров, что является не только важной составляющей национальной системы смягчения климатических изменений, но и неотложной государственной задачей сегодняшнего дня, от решения которой в значительной мере зависит прогноз состояния и сохранности лесов, необходимо в Республике Беларуси разработка и функционирование предварительной системы оповещения и подготовки к лесным пожарам.

1. Отчет о НИР «Подготовить научно-техническую основу разработки национальных коэффициентов эмиссий парниковых газов для сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» («ЗИЗЛХ»). Научн. р-ль В. М. Феденя. – РУП «Бел НИЦ "Экология». – Минск : б.н., 2008. – Этап 2. – 53 с. – № ГР 20065319.
2. Усеня, В. Опыт Республики Беларусь в борьбе с лесными пожарами / В. Усеня, Н. Юревич // Устойчивое лесопользование. – 2017. – № 2 (50). – С. 14–21.
3. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов: в 5 т. / редкол. : Х.С. Игглестон [и др.]. – Хаяма : МГЭИК, 2006. – Т. 4: Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. – Часть 1. – 2006. – 397 с.
4. Швиденко, А.З. Климатические изменения и лесные пожары в России / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко // Лесоведение. – 2013. – № 5. – С. 50–61.
1. Наркевич, И. П. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2018 гг. / И.П. Наркевич, Е.И. Бертош, К.В. Гончар, Д.В. Мелех, В.М. Конькова, Ю.В. Фурса. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2020. – 284 с.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ЦЕЛЯХ ПОЛУЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ БАЗЫ ДАННЫХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

**PROSPECTS OF APPLICATION OF THE LAND INFORMATION SYSTEM
OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN PURPOSE OF OBTAINING
INFORMATION FOR THE DATABASE OF GREENHOUSE GAS INVENTORY**

И. П. Самсоненко

I. P. Samsonenka

*Республиканское унитарное предприятие «Проектный институт Белгипрозем»
г. Минск, Республика Беларусь*

*Republican Design Institute for Land Management «Belgiprozem»
Minsk, Republic of Belarus*

Кадастр парниковых газов создан во исполнение международных обязательств Республики Беларусь, как стороны РКИК ООН. При его ведении используются данные о площадях различных категорий землепользования. Методика получения этих данных опирается на ведомственную земельно-кадастровую статистику. В настоящее время имеется возможность улучшить качество собираемой информации. Для этого требуется применение средств пространственного анализа. Такими возможностями обладает земельная информационная система Республики Беларусь. Кроме того, она содержит актуальные пространственные данные о распределении земель по видам. Архивные версии баз данных позволяют отслеживать преобразования землепользования во времени. В результате могут быть получены дополнительные данные, востребованные при ведении государственного кадастра парниковых газов Республики Беларусь. Для этого потребуется создание интерактивной карты в соответствии с требованиями Руководящих принципов МГЭИК.

The national inventories of greenhouse gas emissions and sinks was created in pursuance of the commitments of the Republic of Belarus as a party to the UNFCCC. Area data for different land-use categories are used for its exploitation. The methodology for obtaining these data is based on official land cadastral statistics. Currently, there is an opportunity to improve the quality of the collected information. This will require the use of spatial analysis tools. The land information system of the Republic of Belarus has such capabilities. In addition, it contains up-to-date spatial data on land distribution. Archived versions of databases allow the identification of land-use transformations over time. As a result, additional data required by the national inventories of greenhouse gas emissions and sinks can be obtained. For this, the creation of an interactive map in accordance with the requirements of the IPCC Guidelines will be required.

Ключевые слова: парниковые газы, база данных, инвентаризация, земельные ресурсы, изменение землепользования, земельно-информационная система

Keywords: greenhouse gases, database, inventory, land resources, land use change, land information system

Одно из обязательств сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) предписывает разработку национальных кадастров парниковых газов [1]. Сопоставимость содержащихся в них данных обеспечивается на основе рекомендаций Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [2]. При этом применяется достаточно гибкая методология расчетов, предусматривающая несколько уровней от простейшего (с минимумом данных и аналитических возможностей) до наиболее продвинутого. Оценки запасов углерода, выбросов и поглощений парниковых газов, связанных с хозяйственной деятельностью, выполняются отдельно по основным секторам, каждый из которых обладает своим набором характерных процессов,

источников и поглотителей. Для сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ) особенно важна информация о площадях земель, представляющих различные категории землепользования по классификации МГЭИК [2]. Наряду с ней в расчетах используются различные коэффициенты и показатели (относительно резервуаров углерода в биомассе, мертвом органическом веществе, почве и т.п.). Однако именно данные о землепользовании образует основу оценки.

Методы (подходы) получения данных о площадях и их использовании в расчетах изложены в Руководящих принципах [2]. Подход 1 ограничен определением общей площади для каждой отдельной категории землепользования в пределах страны. Подход 2 позволяет выявлять преобразования между различными категориями землепользования. В свою очередь подход 3 способен предоставить наиболее точную информацию посредством возможности отслеживания переустройств землепользования на подробной пространственно-территориальной основе.

В нашей стране наиболее полная земельно-кадастровая информация поступает в рамках ведомственной отчетности Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь. При этом используется национальная классификация земель по видам [3]. Временной ряд накопленного массива данных описывает период продолжительностью около 30 лет, что в целом удовлетворяет требованиям [2]. Благодаря наличию некоторой информации о перераспределении земель (включая данные о площадях земель, прибывших в определенный вид за счет трансформации из другого вида земель и площадях земель, убывших из определенного вида земель за счет трансформации в другой вид) возможны расчеты выбросов и поглощений парниковых газов с применением подхода 2.

Вместе с тем существуют значительные резервы повышения точности получаемых результатов. Определенный эффект может быть достигнут за счет ревизии данных реестра земельных ресурсов с учетом того, что его структура изменялась на протяжении последних тридцати лет. Возможно использование дополнительных сведений касательно распределения земель, содержащихся в системе официальной статистической отчетности Республики Беларусь. Сохраняется определенное несоответствие в схеме переклассификации видов земель согласно законодательству Республики Беларусь в категории землепользования по методике МГЭИК [4]. Кроме того, ввиду отсутствия необходимой информации в настоящее время не производится инвентаризация парниковых газов по некоторым категориям землепользования. Так к по-прежнему не оцененным категориям относятся: пастбища, возделываемые земли, болота, поселения.

Расширение состава и объема собираемых данных, улучшение их качества возможно с использованием подхода 3, основанного на средствах пространственного анализа географических информационных систем, например, земельной информационной системы Республики Беларусь (далее – ЗИС) [5]. Помимо основных сведений о состоянии, распределении и использовании земельных ресурсов в слое «Виды земель» ЗИС включает, множество сопутствующих информационных слоев и баз пространственно-атрибутивных данных таких, как тип мелиоративного состояния в слое «Мелиоративное состояние земель» или тип ограничений (обременений) землепользований. В дальнейшем на геопортале ЗИС могут появиться новые тематические сервисы, детализирующие информацию о землях лесного фонда, торфяного фонда, зеленых насаждений в населенных пунктах и т.п.

Основные технические характеристики данных ЗИС в целом отвечают требованиям отчетности в контексте РКИК ООН, что подтверждается положениями соответствующего технического нормативного правового документа [4]. В соответствии с ним производится непрерывное наполнение ЗИС актуальной информацией. Одновременно с периодичностью около года происходит фиксация текущего состояния баз данных и сохранение их архивных версий. Сопоставление таких материалов позволяет отследить изменения площадей земель и характера землепользования во времени. Дополнительные данные, представляющие интерес для целей ведения кадастра парниковых газов могут быть получены в результате пространственного анализа (при пересечении нескольких информационных слоев геоинформационной системы с приведением результата к нужному формату представления).

Отдельно следует сказать о полигональном информационном слое «Почвы». Это продукт, создаваемый УП «Проектный институт Белгипрозем» в рамках ЗИС на основе обширного массива почвенных карт, полученных в предыдущие годы с проведением частичного обновления. В настоящее время пространственное покрытие данными слоя охватывает большинство сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Однако для их корректного использования возможно потребуется переклассификация в соответствии с рекомендациями МГЭИК. Такую же операцию необходимо проводить и с данными информационного слоя «Земельное покрытие». В этом случае потребуется перевод из кодов, определяющих вид, подвид, разновидность земель согласно классификатору ЗИС в систему категорий и подкатегорий землепользования, применяемую в отчетности по РКИК ООН.

Кроме того, при обработке аэрофотосъемки в процессе обновления ЗИС могут быть получены сведения об отдельных подкатегориях категории «Поселения», а именно зеленым насаждениям в разбивке по древесным породам, возрасту, подтипам земель общего пользования («классам поселений» в терминологии МГЭИК).

Определенная дополнительная информация может быть получена путем взаимодействия ЗИС с иными геоинформационными ресурсами, которые начнут функционировать в ближайшее время такими, как корпоративная геоинформационная система «Лесфонд» и геоинформационная система «Реестр торфяников Беларуси». Однако эти возможности требуют дополнительного изучения вследствие отсутствия достаточных сведений о них.

Таким образом данные земельно-информационной системы Республики Беларусь могут быть использованы в целях РКИК ООН. Однако для этого потребуются обеспечение их соответствия требованиям национальной системы инвентаризации парниковых газов. Одним из путей практического воплощения такого решения может явиться создание интерактивной карты землепользования – цифрового изображения наблюдаемого физического покрова земной поверхности, которое описывает распределение как природных экосистем, так и антропогенной инфраструктуры в соответствии с классификацией МГЭИК [2]. Выполнение этой цели потребует решение следующих задач:

- создание интерактивной карты землепользования на всю территорию Республики Беларусь, определение состава ее информационного наполнения исходя из имеющихся геоинформационных ресурсов;
- классификация интерактивной карты землепользования в соответствии с рекомендациями МГЭИК;
- разработка регламента обновления интерактивной карты землепользования;
- обеспечение доступности интерактивной карты землепользования для использования в целях ведения базы данных инвентаризации парниковых газов.

При этом основные технические характеристики интерактивной карты землепользования должны определяться исходя из требований отчетности РКИК ООН и имеющихся технологий. Как возможный вариант практического выполнения перечисленных выше задач, такая интерактивная карта землепользования могла бы быть размещена в сети Интернет в качестве одного из слоев геопортала ЗИС. В этом случае появляется возможность получения дополнительных данных в результате пространственного анализа с помощью пересечения данных других геоинформационных слоев ЗИС таких, например, как «Почвы», «Кадастровая оценка земель» и т.п., а также сторонних геоинформационных ресурсов. Для этого может потребоваться выполнение ряда мероприятий таких, как:

- обеспечение совместимости данных ЗИС и данных других геоинформационных ресурсов;
- разработка регламента взаимодействия ЗИС и других геоинформационных ресурсов;
- разработка методики и технологии получения дополнительных данных для базы данных инвентаризации парниковых газов с использованием других геоинформационных ресурсов;
- разработка интерактивных инструментов получения дополнительных данных на геопортале ЗИС.

На основании всего вышеизложенного можно сделать заключение о том, что существующая практика получения земельно-кадастровой информации для целей РКИК ООН должна по-прежнему опираться на такие направления работы как: повышение качества (уточнение) имеющихся данных, повышение эффективности и оперативности работ по их сбору; внедрение современных технологий сбора и обработки данных, перевод сбора исходных данных на пространственную основу. Однако перспектива дальнейшего развития национальной системы инвентаризации парниковых газов, по-видимому, все же связана с применением пространственного анализа и получением дополнительных (более детальных) данных о землепользовании, отсутствующих в государственном земельном кадастре Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс]: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml [Доступ 30 апреля 2021].
2. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006.
3. Кодекс Республики Беларусь о земле, 23 июля 2008 г., № 425-3: // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008 – №187. – 2/1522.
4. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2018 гг. // РУП «Бел НИЦ «Экология», – Минск, 2020. – 284 с.
5. Технический кодекс установившейся практики Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания и ведения (эксплуатации, обновления) ТКП 610-2017 (33520). Введ. 18.07.17. – Минск: Госкомимущество, 2017. – 92 с.

УДК 501

**ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ
ЭКСПОРТЕРАМИ В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО НАЛОГА НА
ИМПОРТ ЕВРОПЕЙСКИМ СОЮЗОМ**

**ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS BY EXPORTING ENTERPRISES
IN THE CONTEXT OF THE INTRODUCTION OF AN IMPORT CARBON TAX BY
THE EUROPEAN UNION**

Д. В. Мелех, И. П. Наркевич

D. V. Melekh, I. P. Narkevitch

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология»
(РУП «Бел НИЦ «Экология»
г. Минск, Республики Беларусь
melekhdim@gmail.com*

*The Republic Scientific and Research Unitary Enterprise "Ecology"
(RUE "Bel SRC "Ecology")
Minsk, Republic of Belarus*

В статье обосновывается необходимость выполнения оценки выбросов парниковых газов (ПГ) организациями, а также поднят вопрос выбора соответствующей методики. В настоящее время Республики Беларусь, наряду с наиболее развитыми странами мира, выполняет ежегодную инвентаризацию выбросов и поглощений ПГ по основным секторам экономики с использованием международного руководства. Разработаны и утверждены несколько технических кодексов установившейся практики (ТКП) для использования при оценке выбросов ПГ организациями страны. Однако данные ТКП в большей степени состоят из формул для расчета, устаревших коэффициентов и не содержат руководства по проведению отдельных этапов оценки выбросов ПГ, таких как сбор исходных данных, контроль качества оценки выбросов ПГ и пр.

The paper substantiates the need to assess greenhouse gases (GHG) emissions by entities, and also raises the issue of choosing an appropriate methodology. At present, the Republic of Belarus, along with the most developed countries of the world, carries out an annual inventory of GHG emissions and removals by economy sectors using international guidance. Several Technical Codes of Common Practice (TCCP) have been developed and approved for use in the assessment of GHG emissions by entities in the country. However, the TCCP data mostly consist of formulas for calculation, obsolete factors and do not contain guidelines for conducting separate stages of GHG emissions estimation, such as collection of initial data, quality control of GHG emissions estimation, etc.

Ключевые слова: выбросы и поглощения парниковых газов (ПГ), коэффициенты, потенциал глобального потепления.

Keywords: greenhouse gases (GHG) emissions and removals, factors, global warming potential.

Беларусь в 2000 г. присоединилась к Рамочной Конвенции об Изменении Климата Организации Объединенных Наций (РКИК ООН) и тем самым приняла на себя ряд обязательств, среди которых снижение антропогенных выбросов парниковых газов (ПГ). Конечная цель РКИК ООН и всех связанных с ней правовых документов заключается в стабилизации концентраций ПГ в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему. Необходимость снижения антропогенных выбросов ПГ обусловила проведение их учета, т.к. невозможно управлять тем, что не измеряется. Республика Беларусь, как Сторона РКИК ООН, включенная в Приложение I, ежегодно выполняет инвентаризацию антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ.

Для более полного выполнения положений РКИК ООН, Конференцией Сторон, как руководящим органом Конвенции, были приняты Киотский Протокол и Парижское соглашение, которые предусматривают возможность использовать рыночные механизмы смягчения последствий изменения климата [1].

Одним из эффективных механизмов климатической политики по сокращению выбросов ПГ является углеродный рынок или Система торговли выбросами (СТВ). [2]. В настоящее время в ряде стран созданы национальные и региональные СТВ, которые со временем, вероятно, будут гармонизированы между собой, поскольку СТВ Европейского Союза (ЕС) активно копируется в основных регионах мировой экономики, в том числе в Китае и России. ЕС запустил СТВ (EU ETS) в 2005 году в качестве ключевого элемента своей стратегии по сокращению выбросов углерода. В настоящее время EU ETS – это крупнейший в мире углеродный рынок. Идея, лежащая в основе работы СТВ, заключается в предоставлении возможности компаниям, которым необходимо производить дополнительные объемы выбросов, покупать сертификаты на эти выбросы на рынке у тех компаний, которые сокращают выбросы и имеют неизрасходованные сертификаты. Торговая схема создаёт условия для эффективного распределения квот на выбросы углерода, которые, в свою очередь, ежегодно сокращаются, что вынуждает экономику декарбонизироваться [3].

Европейский парламент 10 марта 2021 года большинством голосов поддержал введение «углеродного» налога (т.н. механизма пограничной углеродной корректировки (carbon border adjustment mechanism – СВAM)), который защитит европейские компании от дешевого импорта из тех стран, которые не занимаются декарбонизацией экономики и будет стимулировать такие страны к декарбонизации собственной экономики, как это предусматривает Парижское соглашение. Введение самого углеродного налога запланировано не позднее 1 января 2023 года [4].

Для Беларуси введение собственного углеродного налога особенно важно с учётом необходимости разработки системы мониторинга, отчетности и верификации ПГ, которая была бы признана за рубежом, что позволило бы белорусским организациям платить за выбросы углерода в Республике Беларусь, а не в ЕС [3].

Сложность заключается в отсутствии практики оценки выбросов и поглощений парниковых газов в результате хозяйственной деятельности отдельных организаций страны, из-за неимения внутреннего углеродного рынка и неучастия в рыночных механизмах Киотского протокола, т.к. поправка к Киотскому протоколу, определяющая установленное количество ПГ для Республики Беларусь, не была ратифицирована необходимым количеством Сторон Киотского протокола (145 ратификаций) [5].

В период с 2007 г. по 2013 г. были разработаны и утверждены следующие ТКП, содержащие правила расчета выбросов ПГ:

ТКП 17.09-05-2013. Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчетов выбросов парниковых газов в основных секторах экономики Республики Беларусь.

ТКП 17.09-01-2011. Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов за счет внедрения мероприятий по энергосбережению, возобновляемых источников энергии.

ТКП 17.09-02-2011. Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов и поглощения от естественных болотных экосистем, осушенных торфяных почв, выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений.

ТКП 17.08-08-2007. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при пожарах.

Вышеперечисленные ТКП разрабатывались до того как, действующие Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2006 г. стали обязательными для использования [6]. Поэтому приведенные в ТКП правила расчета выбросов парниковых газов содержат неактуальные потенциалы глобального потепления для парниковых газов отличных от диоксида углерода, а также коэффициенты выбросов отличные от используемых в национальной инвентаризации антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, что противоречит принципу сопоставимости. В ТКП 17.09-01-2011 приведены коэффициенты удельных выбросов диоксида углерода на единицу угольного эквивалента равные 1,72 и 1,83 т CO₂/т у.т. для электрической и тепловой энергии соответственно, хотя удельный выброс ПГ в CO₂ эквиваленте на потребление 1 т у.т. с 2000 г. не превышал значения 1,70 [7].

Удельный выброс ПГ в CO₂ эквиваленте на потребление 1 т у.т. постоянно меняется и зависит от структуры потребления топлив на производство электрической и тепловой энергии.

Таким образом, имеющиеся в Беларуси национальные правила расчета выбросов ПГ узконаправлены, в большей степени состоят из формул и ряда неактуальных значений коэффициентов, отличающихся от коэффициентов, применяемых при национальной инвентаризации выбросов и поглощений ПГ, что противоречит принципу сопоставимости [8]. Наиболее заинтересованные в оценке выбросов ПГ от своей производственной деятельности белорусские предприятия экспортеры производят цемент, сталь, алюминий, продукты нефтепереработки, бумагу и картон, стекло, отдельные химические вещества и удобрения [9], а для выполнения оценки выбросов ПГ от производственной деятельности таких предприятий недостаточно правил расчета выбросов ПГ, содержащихся в ТКП.

Согласно эффективной мировой практике, оценку выбросов ПГ целесообразно разделять на следующие этапы [10]:

- определение источников и поглотителей выбросов ПГ;
- определение подходящей методики оценки (уровня методологической точности);
- сбор исходных данных;
- оценка выбросов и поглощений ПГ;
- анализ неопределенности оценки выбросов ПГ и анализ ключевых категорий выбросов;
- отчетность.

Учитывая скорый ввод ЕС углеродного налога на импорт, для его уплаты в Беларуси предприятиями экспортерами, целесообразно проводить оценки выбросов ПГ, основываясь на руководствах сопоставимых с руководствами, используемыми в ЕС. Для эффективной работы EU ETS ежегодно выполняются процедуры мониторинга, отчетности и верификации ПГ, которые должны быть надежными, прозрачными, последовательными и точными. Объекты, на которые распространяется EU ETS, должны иметь утвержденный план мониторинга, отчетности и верификации ежегодных выбросов ПГ, который является частью разрешения на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Ежегодные отчеты о выбросах ПГ должны быть проверены аккредитованными верификаторами до 31 марта года, следующего за отчетным, а после проверки до 30 апреля того же года должны быть сданы разрешения на эквивалентное количество выбросов.

Правила, относящиеся к ежегодным процедурам мониторинга, отчетности и верификации ПГ, изложены в двух технических регламентах:

– Технический регламент о мониторинге и отчетности (MRR – Monitoring and Reporting Regulation) [11], который:

- определяет руководство по выявлению источников выбросов парниковых газов для различных отраслей экономики;
- устанавливает правила расчета выбросов для различных источников;
- содержит руководства по выбору коэффициентов необходимых для расчета выбросов;
- регламентирует правила и периодичность проведения мониторинга выбросов парниковых газов;
- содержит формулы расчета выбросов для различных источников и базовые коэффициенты выбросов.

– Технический регламент об аккредитации и проверке (AVR – Accreditation and Verification Regulation) [12], который:

- регламентирует проведение верификации отчетности о выбросах парниковых газов аккредитованными верификаторами;
- устанавливает требования для аккредитации верификаторов.

Заключение. Разработка в стране технических нормативных правовых документов, гармонизированных с двумя вышеупомянутыми техническими регламентами ЕС (степень соответствия – идентичная), позволит обеспечить белорусские предприятия экспортеры актуальными и детальными руководствами по оценке выбросов ПГ от их производственной деятельности, а также ускорит процесс разработки системы мониторинга, отчетности и верификации ПГ, которая была бы признана за пределами Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелех Д. В. Разработка модели расчета выбросов парниковых газов в категории «Производственные отрасли и строительство» сектора «Энергетика» // Вестник Полоцкого Государственного университета. 2020. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Геоэкология. С. 25 – 36.
2. Потеряйко А.Ю. Тяжелая промышленность ЕС будет получать льготы на выбросы CO₂ до 2030 года // Информационное агентство REGNUM / 13.03.2021. – URL: <https://regnum.ru/news/polit/3213924.html>
3. Лисоволик Я. Д. Системы торговли выбросами парниковых газов: основные направления развития // Международный дискуссионный клуб «Валдай» / 23.03.2021. – URL: <https://ru.valdaiclub.com/a/highlights/sistemy-torgovli-vybrosami-parnikovykh-gazov/>
4. Европарламент поддержал введение углеродного налога в жестком варианте // Бизнес-портал uaprom.info / 11.03.2021. – URL: <http://uaprom.info/news/178545-evroparlament-podderzhal-vvedenie-uglerodnogo-naloga-zhestkom-variante.html>
5. Лаевская, Е.В. Состояние и перспективы формирования климатического законодательства Республики Беларусь / Е.В. Лаевская // Право в современном белорусском обществе: сб. науч. тр. / Нац. центр законодательства и правовых исследований Респ. Беларусь; редкол.: Н.А. Карпович (гл. ред.) [и др.]. - Минск: СтроймедиаПроект, 2016. - Вып. 11 - С. 362- 371.

6. Решение Конференции Сторон Рамочной Конвенции об Изменении Климата Организации Объединенных Наций 24/CP.19 // URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf> (дата обращения: 12.10.2020)
7. Д. В. Мелех, И. П. Наркевич Выбросы парниковых газов при производстве электрической и тепловой энергии // Научный журнал. Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология (ISSN 2520-2669). № 2 (335) 2020 год.
8. О реализации положений Парижского соглашения к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // Постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 09 марта 2021 г. № 137 / URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100137>
9. Бранцевич Т., Гавриленко Ю. Углеродный вызов: новый налог ЕС и почему его вводят // Белорусское телеграфное агентство / 24.04.2021. – URL: <https://www.belta.by/interview/view/uglerodnyj-vyzov-povuj-nalog-es-i-pochemu-ego-vvodjat-7750/>
10. Курс «501 МГЭИК: Введение в общие вопросы инвентаризации выбросов и поглощений парниковых газов» // Институт управления парниковыми газами (GHG Management Institute) / URL: <https://ghginstitute.org/product/501-ipcc-introduction-to-cross-cutting-issues/>
11. Исполнительный технический регламент Европейской Комиссии 2018/2066 от 19 декабря 2018 г. о мониторинге и отчетности выбросов парниковых газов в соответствии с Директивой 2003/87/ЕС Европейского парламента и Совета Европы и поправками к техническому регламенту Европейской Комиссии № 601 / 2012 (Текст актуальный для Европейской Экономической Зоны). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R2066&rid=1>
12. Исполнительный технический регламент Европейской Комиссии 2018/2067 от 19 декабря 2018 г. о верификации данных и об аккредитации верификаторов в соответствии с Директивой 2003/87 / ЕС Европейского парламента и Совета Европы (Текст актуальный для Европейской Экономической Зоны). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R2067&rid=1>

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

УДК [504.5.546]:621.798.1-035.3 (045)

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПОДХОДОВ К СНИЖЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЕМКОСТЕЙ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ХИМИКАТАМИ

ANALYSIS OF INTERNATIONAL APPROACHES TO REDUCE THE FORMATION OF WOOD TANKS CONTAMINATED WITH INORGANIC CHEMICALS

В. Н. Лесик, В. М. Мисюченко

V. N. Lesik, V. M. Misiuchenka

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
horektut20@gmail.com
vi925@mail.ru*

*Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Проведено сравнение методических подходов к обращению с деревянными емкостями, загрязненными химикалиями в Республике Беларусь и Федеративной Республике Германия. Проанализированы статистические данные Республики Беларусь по образованию, хранению и захоронению рассматриваемых отходов за период с 2011 по 2019 год. Объемы образования данных отходов достаточно высокие и нашей стране и поэтому были предложены мероприятия по внедрению международных технологий по переработке отходов, в первую очередь термических методов и пиролизного разложения. Предлагается также предварительная пропитка деревянных емкостей защитными составами.

Methodological approaches for handling wooden containers contaminated with chemicals were compared on the example of two countries – Belarus and Germany. The statistical data on the formation, storage and disposal of the above-mentioned waste in Belarus was analyzed for the period from 2011 to 2019. The volumes of this waste generation are high enough in Belarus, and therefore, measures to introduce international technologies for waste processing, primarily thermal methods and pyrolysis decomposition, were proposed. Pre-impregnation of wooden containers with protective compounds is also suggested.

Ключевые слова: загрязнённая древесина, неорганические химикаты, система обращения с отходами.

Key words: contaminated wood, inorganic chemicals, waste management system.

По данным статистической отчетности ежегодно в Республике Беларусь образуется около 420 тонн загрязнённых неорганическими химикатами деревянных емкостей. Образуются эти отходы, главным образом, в результате распаковки и временного использования кислот, щелочей в заводских химических лабораториях. На основании многолетнего анализа статистических данных было определено, что за период с 2011 года объёмы образования этих отходов практически не сменили тенденцию минимального использования и последующего захоронения. Начиная с 2011, образование древесных отходов и деревянных емкостей,

загрязненных неорганическими веществами (кислоты, соли) (далее отходы кода 1721400) в целом увеличилось (2011 год – 43,8 тонн, 2019 год – 419,7 тонн). За периоды 2015 и 2017 года наблюдалось активное образование рассматриваемого кода отходов. Данные представлены на рисунке 1.

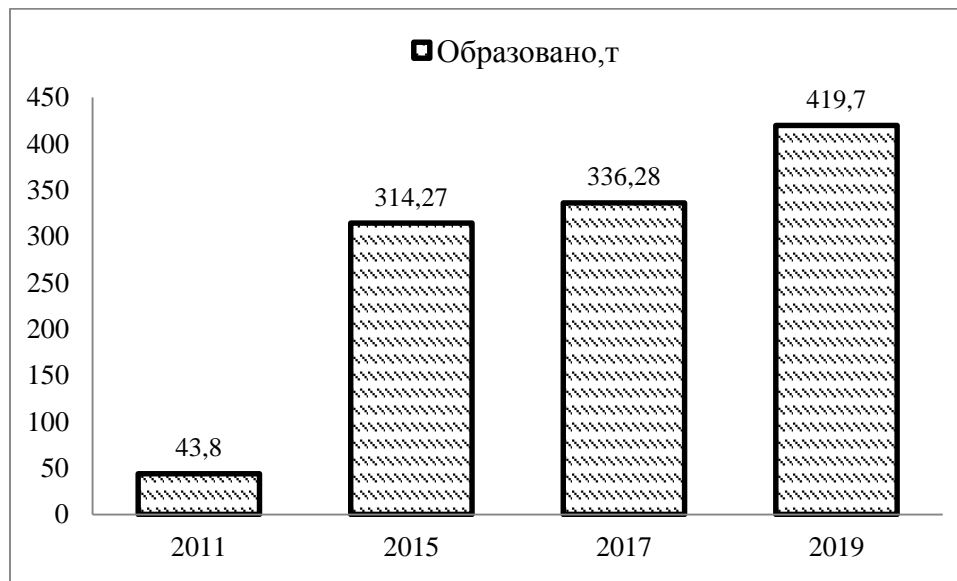


Рис. 1 – Образование отходов (код 1721400) в целом по Республике Беларусь за период 2011 – 2019 гг.

За это же время объём захоронения не уступил объёму образования древесных отходов или древесных ёмкостей, загрязнённых неорганическими химикатами (кислотами, солями). Так, в начале рассматриваемого периода, за 2011 год объём захоронения составил 42,9 тонн, на конец рассматриваемого периода, за 2019 год – 402,1 тонн. Данные представлены на рисунке 2.



Рис. 2 – Захоронение отходов (код 1721400) в целом по Республике Беларусь за период 2011 – 2019 гг.

В настоящее время нормативные документы Республики Беларусь касаются переработки только незагрязненных древесных отходов. Основной нормативный документ СТБ 1867-2017 «Отходы древесные. Общие технические условия» распространяется только на незагрязненные отходы лесопиления, лесозаготовки и деревообработки. Также существует ГОСТ 33103.1-2017 «Биотопливо твёрдое». Технические характеристики и классы топлива. Общие требования». Он распространяется только на использование в качестве биотоплива чистого древесного сырья. В Реестре объектов по использованию отходов Республики Беларусь не зарегистрировано ни одного объекта по переработке деревянных емкостей, загрязненных химикалиями. Также в нашей стране нигде не применяются результаты международного опыта по обращению с опасными отходами - деревянными емкостями, загрязненными химикалиями.

В связи с этим нами был проведен анализ нормативных документов и существующей патентной базы некоторых стран мира.

Обращение с древесными отходами в Германии регулируется Постановлением (AltholzV), вступившим в силу в 2003 году. Данный нормативный акт конкретизирует требования к различным методам утилизации древесных отходов с целью получения:

- щепы и древесной стружки для производства материалов;
- синтеза газа для использования в химической промышленности;
- тепловой или электрической энергии;
- активированного или промышленного древесного угля; а также конечного удаления отходов, подлежащих дальнейшей утилизации.

В соответствии с иерархией методов обращения с отходами, установленной Рамочной Директивой ЕС и Законом об экономике замкнутого цикла Германии (KrWG), до момента отправки древесных отходов на термическую установку исчерпываются все возможные методы их утилизации с получением материальной продукции.

Древесные отходы накапливаются в составе твердых коммунальных и крупнобаритных отходов домохозяйств, ремесленных и коммерческих предприятий, в деревообрабатывающей и деревоперерабатывающей промышленности, а также при строительстве, сносе и разборке зданий.

В силу использования различных пропиточных, связующих, лакокрасочных и защитных материалов в деревообрабатывающей и деревоперерабатывающей промышленности, в древесных отходах могут содержаться загрязняющие вещества. В зависимости от степени опасности загрязнения в Постановлении предусмотрено разделение древесных отходов на 4 категории (A I до A IV):

1. Категория древесных отходов A I: отходы, которые при использовании не подвергались значительному загрязнению какими-либо посторонними веществами.

2. Категория древесных отходов A II: клееные, окрашенные, отделанные, покрытые лаком или иным образом обработанные древесные отходы без галогенорганических соединений в покрытии и без консервантов для защиты древесины.

3. Категория древесных отходов A III: древесные отходы с галогенорганическими соединениями в покрытии и без консервантов для защиты древесины.

4. Категория древесных отходов A IV: древесные отходы, обработанные консервантами для защиты древесины, такие как железнодорожные шпалы, столбы электроснабжения, хмелевые жерди, виноградные колы, а также прочие древесные отходы, которые не могут быть отнесены к категории древесных отходов A I, A II или A III ввиду содержания в них загрязняющих веществ, за исключением древесных отходов с ПХБ. ПХБ-содержащие древесные отходы подлежат утилизации в соответствии с положениями Постановления об отходах ПХБ/ПХТ.

Согласно установленным категориям, производство древесных материалов разрешено исключительно с использованием отходов категорий A I и A II. Отходы категории A III допускаются для утилизации с получением материальной продукции только после удаления всех посторонних загрязняющих веществ с учетом соблюдения установленных пороговых значений. Древесные отходы, не подлежащие утилизации с получением материальной продукции, направляются на термическую обработку на установках, имеющих соответствующее разрешение [1].

Также были выбраны существующие методы переработки данных отходов на основе патентных материалов.

Патент RU 2482160 C1 «Способ термической переработки органического сырья и устройство для его осуществления» (авторы Тимофеев Алексей Викторович и Тимофеев Виктор Михайлович) [2] описывает технологию переработки органического сырья, например древесины, торфа сланцев, угля промышленных и бытовых отходов, содержащих органические составляющие, железнодорожных деревянных шпал, отходов растениеводства, животноводства и т.п., и может найти применение в химической, лесо- и нефтеперерабатывающих отраслях, коммунальном, сельском хозяйстве и других отраслях промышленности методом пиролиза. Изобретение касается устройства для термической переработки органического сырья, содержащего реактор из двух секций с нагревом сырья до температуры его деструкции, с подающим устройством сырья в реактор, транспортером выгрузки твердой фракции, трубопроводом отвода газовой фракции в конденсационную колонну после которой образуется несконденсированный пиролизный газ и жидкие углеводороды для последующей переработки.

Данная технология применима для древесных отходов, загрязнённых неорганическими веществами. При поиске подходящих технологий в патентных международных базах была выявлена особенность: технологий для переработки древесины, загрязнённой органическими веществами много больше чем для древесины загрязнённой неорганическими веществами.

Патент DE 4107200 A1 «Verfahren und Anlage zur thermischen Abfallbehandlung» [перевод: Процесс и установка для термической обработки отходов] (авторы May, Karl Wolfgang и др.) даёт представление об установке, на которой возможна термическая обработка отходов, кроме бытовых отходов, загрязнённых различными химикатами [3]. В качестве отходов рассматриваются: почва, загрязнённая органическими и

неорганическими веществами; загрязнённая древесина; масло, жидкий навоз и пластмасса всех типов, за исключением бытовых отходов. Загрязняющие вещества включают в себя тяжелые металлы; неорганические вещества, содержащие HCl и CN-.

Благодаря найденным технологиям были разработаны предложения по совершенствованию системы обращения с отходами деревянных емкостей загрязненных неорганическими химикалиями в Республике Беларусь. Основными направлениями являются:

1. Предотвращение загрязнения древесины неорганическими химикалиями. Это направление предполагает снижение срока эксплуатации древесных ёмкостей и пропитывание древесных ёмкостей составами, предотвращающими их загрязнение химически активными агентами. Наиболее перспективным составом предлагается бакелитовая смола.
2. Увеличение объёма использования древесных загрязнённых отходов. Это направление предполагает использование синтез-газа, получаемого в процессе газификации и пиролиза. Такой метод применим к рассмотренному типу древесных отходов и активно используется на территории Федеративной Республики Германия. В Республике Беларусь данная отрасль предполагает активное развитие в будущем и адаптацию под загрязнённое сырьё.
3. Обезвреживание древесных отходов с помощью внедрения технологий, удовлетворяющих требованиям безопасной термической обработки неорганических веществ. Это направление предполагает внедрение системы обращения ФРГ с загрязнёнными неорганическими химикатами древесных отходов, которая определяет их возможными для термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz [Electronic resource] : Altholz. - Mode of acces: <https://www.gesetze-im-internet.de/altholz/>. – Date of acces: 16.11.2020.
2. Способ термической переработки органического сырья и устройство для его осуществления : пат. RU 2482160 C1 / А. В. Тимофеев, В. М. Тимофеев. – Оpubл. 27.08.1997.
3. Verfahren und Anlage zur thermischen Abfallbehandlung : пат. DE 4107200 A1 / May, Karl Wolfgang; Riedle, Klaus; Tratz, Herbert; Lösel, Georg. – Оpubл. 06.03.1991.

УДК 664.143.013.658.567.1(476) (045)

НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КОНДИТЕРСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

DIRECTIONS FOR PROCESSING WASTE FROM CONFECTIONERY FACTORIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

А. Д. Никитич, Е. А. Улащик

A. D. Nikitich, E. A. Ulaschik

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
anastasianikitic@gmail.com*

*Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

На кондитерских предприятиях в процессе производства мучных кондитерских изделий на отдельных фазах образуются отходы от формования, замеса и выпечки кондитерских изделий. Также на предприятиях общественного питания образуются просроченные кондитерские изделия, которые в настоящее время незначительно используются и поступают на захоронение на полигоны коммунальных отходов. Проанализированы существующие технологии переработки яичной скорлупы и просроченных продуктов питания в соответствии с Реестром технологий по использованию отходов Республики Беларусь. Проведен анализ патентной базы Российской Федерации по использованию испорченных кондитерских продуктов и яичной скорлупы. Основным направлением переработки яичной скорлупы является создание высокотехнологичного способа получения яичных порошков. Также перспективным направлением является производство биомассы из просроченных продуктов питания и отходов кондитерских производств.

During the production of flour confectionery products waste from molding, kneading and baking of confectionery products is formed in separate phases at confectionery enterprises. Also, at public catering enterprises, expired confectionery products are formed, which are currently insignificantly used and are sent for burial at municipal waste landfills. The existing technologies for processing eggshells and expired food products have been analyzed in accordance with the Register of Technologies for the Use of Waste of the Republic of Belarus. An analysis of the patent base of the Russian Federation on the use of spoiled confectionery products and eggshells has been carried out. The main direction of egg shell processing is the creation of a high-tech method for producing egg powders. Also a promising direction is the production of biomass from expired food products and waste from confectionery industries.

Ключевые слова: переработка отходов кондитерских производств, яичная скорлупа, статистические данные, направления снижения объемов образования отходов.

Keywords: recycling of confectionery waste, eggshells, statistical data, waste reduction trends.

Производство хлебобулочных и кондитерских изделий осуществляется в Республике Беларусь на многочисленных предприятиях КУП «Минскхлебпром», ОАО «Берестейский пекарь», ОАО «Витебскхлебпром», РУПП «Могилевхлебпром», ОАО «Гроднохлебпром», ОАО «Гомельхлебпром» и предприятиях Белорусского государственного концерна «Белгоспищепром», а также предприятиями и цехами коммунальной собственности и частными и иностранными собственниками.

Отходы делятся на используемые для вторичной переработки и неиспользуемые, т. е. санитарно недоброкачественные.

Этапы технологического процесса кондитерского производства, на которых могут образовываться отходы:

- Подготовка и формование теста;

- Прокатка и формование теста;
- Охлаждение и укладка;
- Замес теста;
- Выпечка.

Основное количество технологических отходов относится к органическим, которые могут являться ценным сырьем для животноводства, либо после их определенной переработки – для растениеводства [1].

Утилизируют пищевые отходы методом компостирования (естественного разложения), который проходит в несколько этапов:

- сбор и сортировка;
- перевозка;
- упаковка на хранение в специальные контейнеры;
- процесс компостирования;
- контроль температур и режима ферментации;
- утилизация пищевых остатков проводится отдельно от другого вида отходов.

Опасность большинства смешанных отходов состоит в том, что они являются субстратом (пищевой базой) для различных сапрофитных организмов (грибов, бактерий и т. д.), что создает возможность возникновения эпидемий [2].

Отходы кондитерских производств представляют существенную проблему для всех европейских стран. Просроченные кондитерские изделия могут использоваться для производства животных кормов или для других видов переработки. Утилизация просроченных продуктов – обязательное требование законодательства стран Евросоюза. Такие товары несут угрозу окружающей среде, здоровью живых организмов.

Важным мероприятием по охране окружающей среды на предприятиях хлебобулочной и кондитерской промышленности является строгое соблюдение технологических процессов, предотвращающих попадание продуктов и отходов производства в среду обитания, в частности, в почву.

Образующиеся в нашей стране отходы кондитерских производств (яичная скорлупа, просроченные кондитерские изделия) в настоящее время на предприятиях торговли и общественного питания не выделяются из состава коммунальных отходов, практически не перерабатываются и поступают на захоронение на полигон в составе коммунальных отходов, и, таким образом увеличивают загрязнение окружающей среды и создают дополнительную нагрузку на полигоны. Отходы являются опасными (просроченные продукты питания - третий класс опасности) и неопасными - яичная скорлупа. Переработка таких отходов с целью получения нового продукта осуществляется только на птицефабриках или на предприятиях по производству грунтов, мясо-костной муки и кормовых добавок. Для предотвращения захоронения этих отходов в составе коммунальных отходов необходимо разработать рекомендации по возможным путям их использования непосредственно на предприятиях торговли и общественного питания.

Были проанализированы статистические данные БелНИЦ «Экология» об обращении с просроченными и испорченными продуктами питания и скорлупой яичной за период 2011, 2015, 2017 и 2019 годов.

Был проведен анализ обращения с отходами кондитерского производства в Республике Беларусь на основе статистических данных. Образование испорченных продуктов питания возросло за период с 2017 по 2019 год на 2069 т., а образование яичной скорлупы возросло на 653 т. По анализу использования отходов просроченных продуктов и яичной скорлупы в Республике Беларусь можно сделать следующие выводы: по всем анализируемым видам за рассматриваемый период количество использованных отходов возросло на 50% от количества образовавшихся, а использование яичной скорлупы в 2019 году почти достигло 18 % от количества образования.

Что касается захоронения, то в 2017 году не перерабатывались и поступали на захоронение 1787 т (19 % от общего числа образованных отходов). В 2019 году объем поступивших на захоронение отходов составил 1418,69 т (12 % от общего числа образованных отходов). Таким образом, количество захороненных отходов по отношению к образованию уменьшилось на 85 % .

В настоящее время нормативные документы Республики Беларусь касаются только производства кондитерских изделий и пищевой продукции. Отдельные предприятия нашей страны (главным образом птицефабрики) перерабатывают отходы скорлупы яичной и просроченных продуктов питания на мясо-костную муку, обогатители кормов и другие кормовые добавки, а также используют в качестве добавок в грунты для городского озеленения (предприятия по переработке отходов). В то же время предприятия торговли и общественного питания не выделяют просроченные кондитерские изделия из состава коммунальных отходов и практически полностью эти просроченные изделия попадают на полигоны. Технологии по максимальному вовлечению отходов кондитерских производств в хозяйственный оборот не применяются повсеместно в нашей стране.

В соответствии с проведенным анализом Реестра объектов по использованию отходов в нашей стране в настоящее время отходы скорлупы яичной перерабатываются на мясокостную муку, которая используется

в качестве добавки к кормам (ОАО «Биоваст Лида», ОАО «Белыничский протеиновый завод» и ОАО «Агрокомбинат «Скидельский» филиал «Скидельская Птицефабрика»), на предприятии РУП «Белоруснефть-Особино» – добавки в компост с дальнейшим производством органических удобрений.

В отношении продуктов питания испорченных определены три основных направления использования в соответствии с реестром объектов по использованию - производство на основе брожения просроченных продуктов питания различных спиртовых растворов для бытовой химии, этанола и антисептиков (Бобруйский завод биотехнологий), получение биогаза в анаэробных биореакторах (ферментаторах) (КУП «Брестский мусороперерабатывающий завод») и производство искусственных грунтов для городского озеленения с включением просроченных продуктов питания, уличного смета, растительных отходов (ОДО «Экология города»).

Нами проведены исследования возможных технологий переработки отходов кондитерских производств в странах мира. Известен способ получения яичного порошка, включающий упаривание и последующую сушку распылением в среде теплоносителя, процесс упаривания осуществляют с одновременным перемешиванием, при этом температуру теплоносителя в начале сушки поддерживают на уровне 200 – 220 °С и в конце 70 – 90 °С [5].

Недостатками данного способа является низкий выход получаемого продукта за счёт того, что происходит вспенивание яичной массы и ее часть уносится вместе с пеной, а полученный яичный порошок имеет низкое качество.

Аналогом данного способа получения порошка является способ, предусматривающий упаривание и последующую сушку распылением в среде теплоносителя, процесс упаривания осуществляют с одновременным перемешиванием, на стадии сушки температуру теплоносителя поддерживают вначале 145 – 165 °С и в конце 51 – 65 °С.

Недостатками этого способа является ведение стадии упаривания с интенсивным перемешиванием, что приводит к снижению качества получаемого продукта вследствие возникновения процесса разделения яичной массы под действием центробежной силы, а использование высоких температур вначале процесса и низких температур в конце обуславливает большую разницу температур, что приводит к ухудшению качества продукта, в частности к снижению питательных и биологически активных веществ полученного продукта, а также использование куриных яиц.

Задачей данного способа является создание высокотехнологичного способа получения яичных порошков, который позволяет получить продукт повышенного качества с сохраненными природными свойствами, расширение ассортимента яичных порошков повышенного качества, а также расширение ассортимента пищевых продуктов в виде майонеза с использованием в нем порошка из перепелиных яиц с улучшенными микробиологическими показателями, пищевой, биологической ценностью и увеличение стойкости продукта при хранении.

Поставленная задача решается тем, что способ получения порошка из перепелиных яиц характеризуется тем, что перепелиные яйца моют в проточной воде при температуре не выше 45 °С, отделяют яичную массу от скорлупы, фильтруют яичную массу, сушат ее в виброкипящем слое инертных гранул, при этом температура на входе в сушильную камеру составляет 140 °С, а на выходе – 80 °С, затем осуществляют измельчение и просеивание полученного порошка.

Удобрение почвы яичной скорлупой может оказаться полезным, если в почве недостаток кальция. Кроме того, если даже не брать в расчет кальций и другие полезные элементы, скорлупа помогает поддерживать почву рыхлой, что особенно актуально для некоторых видов комнатных растений.

Очень часто скорлупу используют как источник натурального кальция. И не зря, ведь это вещество прошло синтез в организме птицы, в результате чего и получился на выходе неорганический кальций. Поэтому использование яичной скорлупы в качестве источника кальция гораздо предпочтительнее, чем мела.

Чтобы использовать яичную скорлупу в качестве удобрения, необходимо превратить её в порошок. Чем мельче получится смолоть скорлупу, тем лучше – только в таком виде она быстрее отдаст почве все свои полезные свойства. Измельчать скорлупу можно разными способами – в ступке, блендере, мясорубке, кофемолке или с помощью скалки, прокатывая скорлупки между двумя слоями клеёнки. Полученный мелкий порошок до использования лучше хранить в стеклянной банке с плотной крышкой.

На дачных участках и в личном хозяйстве часто добавляют яичный порошок из скорлупы в компост, при посадке картофеля или борются с вредителями [3].

Проведен литературный анализ технологий переработки просроченных кондитерских изделий. Наиболее распространены в странах мира компостирование таких отходов в аэробных условиях, переработка в кормовые добавки для сельскохозяйственных животных. Также при отсутствии упаковки зачастую прибегают к методу перемалывания на специальных установках с измельчением и получением однородной массы для добавок городские компосты или в строительные смеси.

Также активно во многих странах применяется захоронение на полигонах коммунальных отходов и термические методы обезвреживания.

Наиболее интересным направлением, по нашему мнению, является внедрение комплексных установок.

В настоящее время в России используют южнокорейскую технологию по производству биомассы, которая дает вторую жизнь продуктам питания с истекшим сроком хранения, включая отходы кондитерских производств, испорченным фруктам и овощам и даже отходам очистки сточных вод. Внедрение данной технологии позволяет значительно снизить объемы пищевых отходов, а также внедрять раздельный сбор отходов. Производительность оборудования от 15 кг до 200 тонн/сутки. Установка может работать на всех видах топлива: электроэнергии, газе, твердом топливе, паре. Более того, переработанную установкой массу пищевых отходов также можно использовать для высушивания следующей партии, дополнительно топливо не требуется.

Технология позволяет в закрытом контуре перерабатывать любую органику, полностью изолируя материал от окружающей среды. Переработка пищевых отходов определяется исходным составом сырья (типом органических отходов) – содержанием белков, солей, минералов. Полученная **биомасса после переработки может быть использована для:**

- изготовления кормов и кормовых добавок для животных;
- изготовления органических удобрений;
- в качестве твёрдого биотоплива для производства тепла и электроэнергии.

Воздействие на атмосферный воздух при этом отсутствует, а питательные свойства сырья и воды сохраняются.

Полученная биомасса может использоваться как кормовые добавки для животных, органические удобрения и даже как твердое топливо [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорожко С.В., Малькевич Н.Г., Морзак Г.И. Технические основы охраны окружающей среды. – Мн.: БНТУ, 2012. –288 с.
2. Воздействие опасных веществ на ОС и организм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/> – Дата доступа 13.03.2021.
3. Н. В. Сильченко. Подкормка, дренаж, борьба с вредителями, компост и другие способы применения яичной скорлупы огородниками [Электронный ресурс] / Н. В. Сильченко; Гродн. гос. ун-т. – Гродно :ГрГМУ, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. В Сургуте тестируют установку по переработке органических отходов / РамильНуриев [и др.]. Россия: <https://ugra-news.ru/> , 2019. – (Обзорная информация / Новости Северного Урала).
5. Абуова А.Б. Применение инновационных технологий в производстве кондитерских изделий / А.Б. Абуова, Э.Р. Чинарова, Г.К. Ахметова, Ж.Б. Маудархан // Материалы V Международной научно-технической конференции ВГУИТ, Воронеж. – 2015. – С. 311-314.

УДК 691.311

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПСОВЫХ
КОМПОЗИТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ФОСФОГИПСА ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF UN-BURNED GYPSUM
COMPOSITES FOR CONSTRUCTION PURPOSE BASED
ON PHOSPHOYPSSE GOMEL CHEMICAL PLANT**

В. В. Гиринский, Я. Н. Ковалев, А. А. Меженцев, В. Н. Яглов

V. V. Girinsky, Y. N. Kovalev, A. A. Mezhentsev, V. N. Yaglov

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
chemistry@bntu.by*

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus
chemistry@bntu.by*

В статье представлены возможные способы утилизации фосфогипса. Предлагается технология переработки фосфогипса в материалы строительного назначения с использованием органических и неорганических вяжущих веществ. В качестве органического вяжущего предлагается использовать смолу КФЖ. Использование этой смолы не требует предварительной подготовки фосфогипса. При использовании в качестве вяжущего портландцемента желательна предварительная нейтрализация фосфогипса. Повысить прочностные свойства изделий на основе ФГД можно также используя давление прессования и армирование изделий.

The article presents possible ways to utilize phosphogypsum. A technology for processing phosphogypsum into materials for construction purposes using organic and inorganic binders is proposed. It is proposed to use carbamide-formaldehyde resin as an organic binder. The use of this resin does not require preliminary preparation of phosphogypsum. When used as a binder Portland cement, pre-neutralization of phosphogypsum is desirable. It is also possible to increase the strength properties of products based on phosphogypsum-dihydrate using pressing pressure and reinforcement of products.

Ключевые слова: утилизация фосфогипса, строительные материалы, органическое и неорганическое вяжущее, прессование, армирование

Keywords: utilization of phosphogypsum, building materials, organic and inorganic binder, pressing, reinforcement

В настоящее время удельная энергоёмкость внутреннего валового продукта в нашей Республике в среднем в несколько раз выше, чем в развитых промышленных странах, и в два раза превышает среднемировой показатель. Ещё более обострена эта проблема в строительном комплексе, одном из наиболее ресурсо- и энергоёмких. Из всех процессов создания строительной продукции производство строительных материалов является наиболее крупным потребителем энергетических ресурсов, при этом наиболее энергоёмкими являются производство строительных материалов и изделий. Проблема требует перестройки способов производства большинства строительных материалов, так как они не отвечают современным требованиям по эффективности продукция, не конкурентоспособны на рынке. Одним из направлений снижения показателя удельной энергоёмкости является организация принципиально новых процессов получения строительной продукции, исключая или сокращающих технологические стадии или переделы, где затрачивается большое количество энергии или образуется большое количество отходов. Так, например, исключение одной из самых энергоёмких операций (традиционный перевод гипса в вяжущее путем его термообработки), позволяет значительно снизить затраты на производство безобжиговых гипсовых

изделий, упростить их технологию. Однако, до настоящего времени предлагаемые способы получения таких материалов не нашли широкого применения, что связано и с технологическими сложностями, и удорожанием получаемой продукции, например, в случае использования высокодисперсных порошков, и с возникновением экологических проблем при утилизации загрязненных фильтратов [1].

Получение гипсовых безобжиговых композитов связано, прежде всего, с оптимизацией структуры композита, обеспечивающей его высокие физико-механические характеристики.

Еще одна проблема связана с вопросом ресурсосбережения, поскольку производство строительных материалов требует вовлечения огромных ресурсов: минерального и топливного. Необходимо шире вовлекать в производство отходы многих производств, в том числе и самой строительной индустрии. К таким отходам можно отнести фосфогипс, гранитные отсеивы, шлак ХВО и отходы гипсовых форм при производстве изделий строительной керамики, которые до настоящего времени практически не используются для получения товарной продукции строительного профиля. Их использование позволило бы не только удешевить получаемую продукцию, вовлечь в производство ценное техногенное сырье, но и решить экологические проблемы некоторых регионов Беларуси.

Так, например, Гомельский химический завод перерабатывает апатиты по сернокислотной технологии. Из 1 т привозной руды получается 0,7 т фосфорных удобрений и небольшое количество других веществ. На каждую тонну апатита расходуется 1,35 т серной кислоты, в результате образуется 1,6 т фосфогипса, который идет в отвалы. Там его уже накопилось около 12 млн. т. Ежегодно количество отходов увеличивается на 500 – 600 тыс. т. [2].

Использование фосфогипса в качестве строительного материала по существующим технологиям требует дополнительной его термообработки для получения полугидрата. Именно это сдерживает его широкомасштабное использование, поскольку получение полугидрата возможно только после удаления свободной влаги. Влажность же отвального фосфогипса составляет 20 – 30 %. Такой расход энергии делает процесс получения полугидрата из влажного фосфогипса дигидрата экономически не целесообразным.

Перспективными являются также работы по получению безобжиговых фосфогипсовых дигидратных вяжущих. При механохимической активизации фосфогипса за счет повышения его удельной поверхности путем доизмельчения и введения некоторых добавок он приобретает способность твердеть без перевода в полугидрат. Этот эффект объясняется повышенной растворимостью высокодисперсного, дигидрата, способностью его к образованию пересыщенных растворов и формированию коагуляционно-кристаллизационных структур.

Наиболее значительную прочность (до 30 МПа и выше) фосфогипсовое дигидратное вяжущее проявляет в условиях прессования при давлении 20–25 МПа. Приоритет в разработке безобжиговых гипсовых вяжущих (гипсовых цементов) принадлежит П. П. Будникову. Еще в 1924 г. им было установлено, что двухводный гипс после помола в присутствии различных добавок (NaHSO_4 , Na_2SO_4 и др.) и затворения водой приобретает способность твердеть на воздухе и достигает при этом значительной прочности. Дальнейшие исследования показали возможность получения безобжигового гипсового дигидратного вяжущего путем его тонкого помола в шаровой мельнице по сухому и мокрому способам без активизирующих добавок. Существенным недостатком предложенных технологий является необходимость высокой тонкости измельчения гипса. Изделия из безобжигового гипсового вяжущего могут быть получены при силовых методах уплотнения – прессовании или вибропрессовании. Кроме того для фосфогипса необходима предварительная подсушка до прессования или отвод жидкой фазы, в процессе прессования, что усложняет и удорожает технологию изделий на основе дигидратного гипсового вяжущего. Для повышения водостойкости дигидратного гипсового вяжущего могут быть применены те же добавки, которые используются для повышения водостойкости полугидратных вяжущих (известь, гранулированные доменные шлаки, синтетические смолы. Так, технология, разработанная в МИСИ им. В. В. Куйбышева, предусматривает перемешивание смеси взятых в определенном соотношении сырого фосфогипса, молотой негашеной извести, добавки и воды в бетоносмесителе принудительного действия, формование изделий и их термообработку. Наиболее благоприятно на качество изделий влияет перемешивание фосфогипсобетонной смеси в бегунах, в которой не только смешиваются компоненты смеси, но и истираются частички фосфогипса. Правильно выбранное соотношение между известью и активной минеральной добавкой обеспечивает не только прочность, но и долговечность получаемого на основе двухводного фосфогипса бетона при его твердении во влажной среде. Наблюдения за состоянием образцов из фосфогипсобетона, содержащих различное количество активной минеральной добавки, показали, что при твердении в течение года происходит непрерывный рост прочности. Наиболее интенсивен он во влажных условиях, где происходит более полное образование гидросиликатов и гидроалюминатов кальция [3].

Для получения изделия из ФГД могут быть использованы органические и неорганические вяжущие. В качестве органического вяжущего может быть использована смола (КФЖ), которая полимеризуется в кислой среде. Поскольку фосфогипс дигидрат содержит примеси серной и ортофосфорной кислоты, то вводить отвердитель в большом количестве не потребуется. Использование же неорганических вяжущих (ПЦ) возможно после нейтрализации фосфогипса дигидрата негашеной известью. Расход извести и

портландцемента не вызывает существенного увеличения стоимости композиционного вяжущего. Следует отметить, что утилизация ФГД решает и часть экологических проблем региона.

Проведенные пробные эксперименты показали, что при соотношении в бинарной смеси ФГД : смола КФЖ равном от 3 : 1 до 5 : 1 прочность на сжатие образцов составляет от 8 до 5 МПа, а при использовании отвердителя прочность на сжатие достигает 10 – 20 МПа.

При введении в полученные смеси металлической или полимерной фибры в количестве 0,5 – 1 % прочность возрастает на 20%. При использовании нейтрализованного ФГД в системе ФГД – ПЩ 50 ДО при соотношении равном 5 : 1 прочность на сжатие образцов составляет 10 – 12 МПа, а в тройной системе ФГД – ПЩ 5000 ДО – гранитный отсев – прочность образцов составляет 15 – 18 МПа.

Полученные таким образом материалы могут служить основой для их использования при строительстве автомобильных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вдовиченкова, Т. Б. Моделирование дисперсных систем из гипсовых техногенных ресурсов для получения композитов строительного назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т. Б. Вдовиченкова. – Казань, 2012.
2. Осадчий, В. Р. Технология переработки фосфогипса / В. Р. Осадчий // Строительство и недвижимость. – 1997. – № 37. – С. 40–50.
3. Деревянко, В. Н. Технологии производства гипсовых вяжущих материалов из фосфогипса / В. Н. Деревянко, В. А. Тельянов // Вестник ПДАБА. – 2010. – № 2–3. – С. 68–73.

УДК 504.064.36

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

STUDY OF FEATURES OF PROCESSING METHODS POLYMER WASTE

М. Ю. Семашко, А. И. Чухольский, К. Р. Романова

M. Yu. Semashko, A. I. Chukholsky, K. R. Romanova

*Институт жилищно-коммунального хозяйства
Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь
semashko.mashenka@mail.ru*

*Institute of Housing and Communal Services
of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

Мировые наука и практика ведут постоянный поиск наиболее эффективных с экономической и экологической точек зрения методов переработки полимерных отходов. Примером этому может послужить ряд научно-технических открытий и разработок последних лет в этой области в различных странах мира.

World science and practice are constantly searching for the most economically and environmentally effective methods of processing polymer waste. A number of scientific and technical discoveries and developments of recent years in this area in various countries of the world can serve as an example of this.

Ключевые слова: технологические тенденции, полимерные отходы, рециклинг, рециркуляция «бутылка в бутылку», загрязнение, полиэтилентерефталат, переработке пластика, термоформование.

Keywords: technological trends, polymer waste, recycling, bottle-to-bottle recycling, contamination, PET, plastic recycling, thermoforming.

Проблема пластикового загрязнения окружающей среды является одной из самых обсуждаемых и актуальных экологических проблем во всем мире. В естественных условиях пластик разлагается очень долго, в связи с этим встает вопрос: что делать с отходами из этого материала – утилизировать или же перерабатывать в сырье, востребованное для различных производственных целей.

Следует отметить, что 36 % пластиков, которые производятся в мире, представлены в виде одноразовой упаковки, а 96 % такой упаковки является не пригодной к вторичному использованию, и, в последствии, отправляется на свалку. Поэтому, в связи с этим анализ особенностей методов переработки полимерных отходов является актуальным вопросом в настоящее время.

Согласно Концепции создания объектов по сортировке и использованию твердых коммунальных отходов и полигонов для их захоронения Утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23.10.2019 № 715 существующие в Республике Беларусь мощности 7 мусороперерабатывающих заводов и 80 линий по сортировке ТКО позволяют сортировать около 1 000 000 тонн ТКО в год, что составляет 26 % от объема их образования [1].

Установлено, что в Республике Беларусь механическому рециклингу подвергается 28 % собранных полимерных отходов. Выявленный резерв для такой переработки полимеров составляет порядка 10...12 %. Таким образом дополнительно можно собрать и направить на переработку от 28 000 до 33 000 тонн полимеров.

Исходя из этого, в целом по республике потенциально могут быть переработаны во вторичное полимерное сырье (флекс, гранулы и агломерат) от 84 000 тонн до 110 000 тонн из образующихся ежегодно 280 000 тонн полимерных отходов, а остальное количество (110 000...196 000 тонн) целесообразно направить на энергетическое использование и нужды ЖКХ.

Мусороперерабатывающие заводы имеются в четырех областных центрах (города Брест, Гомель, Гродно, Могилев), в г. Минске и двух городах областного подчинения (Барановичи и Новополоцк). Данные мощности позволяют сортировать порядка 470 000 тонн ТКО ежегодно, в том числе все образующиеся отходы в городах Бресте, Гродно, Могилеве, 30 % отходов в г. Гомеле, до 15 % отходов в г. Минске.

На основании проведенных исследований отходы полимеров в составе ТКО составляют в среднем около 280 000 тонн в год с положительной динамикой увеличения на уровне 4 – 5 % ежегодно. Использование смешанных полимерных отходов из ТКО в качестве вторичного сырья представляет наибольшие трудности. Это связано с технологической несовместимостью полимеров, входящих в состав смешанных полимерных отходов, и их большой загрязненностью.

Однако существует ряд компонентов смешанных полимерных отходов, которые можно выделить из городского мусора и использовать в качестве вторичного сырья. По экспертным оценкам, за последние годы в составе коммунальных отходов заметно увеличилась доля полимерных материалов и отходов от упаковок [1].

Тароупаковочная продукция занимает первое место по объему потребления полимерных материалов, что в совокупности со сравнительно кратким жизненным циклом данного вида продукции выдвигает на первый план задачи экономически эффективного и одновременно экологичного обращения с ее отходами. Отходы полимеров, отсортированные по видам, могут быть переработаны и использованы в производстве новых пластмассовых изделий, упаковки [2].

Необходимость решения проблемы отходов вызвала появление самостоятельной области природоохранной политики, направленной на развитие методов организации сбора отходов, их переработки (использования), сжигания, захоронения, а также стимулирование мероприятий по вовлечению отходов в хозяйственный оборот и предотвращению образования отходов в источниках их образования.

На основе проведенного анализа рекомендуется для переработки полимерных отходов, входящих в состав ТКО, использовать технологии, основанные на механических и физико-химических (пиролиз, сжигание) методах переработки (использования) отходов пластмасс.

Физико-химические методы обладают высокой универсальностью к составу полимерных отходов, позволяют использовать как загрязненные отходы, так и отходы со сложным составом (отходы комбинированной полимерной упаковки), не перерабатываемые другими способами.

Механические методы технически просты, имеют невысокий уровень эксплуатационных затрат и позволяют сократить использование первичных ресурсов при производстве продукции.

Применение этих методов в комбинации может обеспечить использование до 90 % полимерных отходов, входящих в состав ТКО.

Таблица 3

Преимущества и недостатки методов переработки полимерных отходов [2–4]

Преимущества		Недостатки
Химические методы переработки полимерных отходов		
Гидролиз	низкие требования к сортировке и очистке отходов	– высоко температурный режим; – высокое потребление электроэнергии, которое связано с большим расходом воды; – высокая продолжительность по времени.
Метанолиз	на выходе образуется продукт, который в дальнейшем может использоваться для синтеза ПЭТФ	– процедура производится в специализированном реакторе за счет нагревания; – высоко температурный режим; – взрывоопасность и химическая опасность, поэтому его обычно эксплуатируют только в определенных сферах, чтобы получить полиэферы; – потребность в тщательной подготовке материала; – энергозатратность.

Преимущества		Недостатки
Гликолиз	простые требования к подготовке ингредиентов и практически полностью безотходное производство	<ul style="list-style-type: none"> – при высокой температуре (достигает 300 градусов). – с целью минимизации времени реакции, прибегают к катализаторам; – в дальнейшем продукцию нельзя эксплуатировать для производства пищевых разновидностей.
Химический рециклинг отходов ПЭТ, полиуретана, поликарбоната, полиамида		
<ul style="list-style-type: none"> – используют для переработки пластиковых отходов, которые потеряли первичные свойства и их сложно переработать механическими способами; – наиболее распространенный; экономичный, непрерывный и безопасный для окружающей среды способ переработки отходов ПЭТФ - деполимеризацию. Деполимеризация полиэтилентерефталата производится различными методами в результате которых получают продукты для реполимеризации до первичного ПЭТФ (деполимеризация нейтральным гидролизом до терефталевой кислоты и этиленгликоля, снова идущих на синтез ПЭТФ), а также новые продукты используемые в других областях химической промышленности. 	<ul style="list-style-type: none"> – высокие затраты на оборудование, – для обеспечения необходимости в большом товарообороте, чтобы обеспечить рентабельность производства; – высокая стоимость проведения деполимеризации переработки вторичных пластмасс в большей степени из-за значительных энергетических затрат и использование дорогих химических продуктов. 	
Механические методы		
Направлены на измельчение сырья, после которого получается крошка или порошкообразные компоненты. После этой процедуры их можно использоваться для литья. Стратегии поддержания полимера средней молекулярной массы в процессе переработки включают интенсивное сушку, повторную обработку с дегазацией в вакууме, использование наполнительных соединений цепь и т.д.	Ухудшение свойств продукта в каждом цикле из-за того, что снижается молекулярная масса в связи с реакцией расщепления цепи, вызванные присутствием воды и следов кислотных примесей.	
Физико-химические методы		
Пиролиз		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Не загрязняет окружающую среду; 2. Для получения полезных веществ используются отходы; 3. В отходах после процесса нет агрессивных и опасных веществ, их объем существенно меньше, чем при обычном сжигании, можно закапывать в землю; 4. Препятствует восстановлению тяжелых металлов, они преобразуются в золу; 5. Добываемые таким способом конечные продукты просты в обращении: хранения, транспортировке; 6. Наладить технологический процесс несложно, оборудование не требует много места, цены на него доступны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. В производстве используются крупногабаритные печи, которые имеют сложную конструкцию и обходятся дорого в обслуживании; 2. Не обойтись без численного персонала; 3. Нельзя добиться полного распада диоксинов, которые содержат ТБО; 4. В шлаке, выпадающем в осадок, остаются тяжелые металлы, которые не поддаются плавлению. 	

Преимущества	Недостатки
Плазменная газификация	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Поскольку технология газификации при высоких температурах ($T > 2000^{\circ}\text{C}$) помогает разлагать радикально органических и неорганических отходов, не выделяя токсичных веществ, таких как диоксины и фураны. NO_x, SO_x и CO_2 меньше, чем у других технологий сжигания и газификации, из-за высокой температуры плазменного потока и особой структуры плазменных реакторов; 2. Это единственная анаэробная (бедный кислород) технология, в которой энергия, используемая для реакции, основана не на обычных реакциях окисления C и H, а на плазме (от электричества); 3. Наибольший коэффициент газификации (до 93-95%) по сравнению с другими технологиями, приводящий к способности производить синтез-газ на промышленном уровне (содержание CO и H_2 до 40-50 %), пригодный для производство электроэнергии; 4. Содержание золы и пыли, выбрасываемых в окружающую среду, является самым низким из-за радикального разделения при высоких температурах ($T > 2000^{\circ}\text{C}$) и из-за того, что содержание C и H полностью газифицировано. Компоненты в виде шлака стекла может быть использован для производства бетонных плит морской насыпи (без отходов); 5. Это единственная технология, способная радикально обрабатывать отходы с примесей (пластик, нейлон, сера) и загрязнение (ртуть, кадмий, свинец, ксенон, циан, электронные отходы) из-за они не могут быть классифицированы как бытовые твердые отходы. Обеспечение всех самых строгих экологических показателей, таких как Г7 и Евро-6; 6. Не требует классификации ТКО полностью, только предварительная сортировка отходов для удаления кирпича, камня, металла; 7. Выщелачивания нет, так как ТКО сушат и измельчают перед тем, как поместить в реактор; 8. Закрытая цепь, нет места для хранения ТКО, без запаха, влияющих на окружающую среду; 9. Благодаря характеристикам радикального разделения и газификации Плазмы, упрощенный элемент воздушного фильтра обеспечивает экономию инвестиций в 3-10 раз; 10. Поскольку нет необходимости в местах хранения отходов, выщелачивания и обработки, площадь используемой земли может быть в 2-3 раза меньше, чем у других технологий той же мощности. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование большого количества электрической энергии для эксплуатации плазменного генератора; 2. ТКО необходимо измельчить (размер < 100 мм) для лучшей газификации; 3. Более высокая инвестиция по сравнению с другими технологиями приводит к более длительному сроку окупаемости.

На основании результатов исследований станет возможным:

- повысить объективность прогнозных данных об образовании морфологических фракций в составе ТКО, текущему мониторингу его состояния;
- обеспечить решение вопросов логистики и структуры формирования полигонов ТКО, сформировать организационно-экономические, технологические и технические подходы к системе отдельного сбора и углубленной переработке элементов морфологической структуры ТКО;
- разработать рекомендации по эффективному использованию различных морфологических фракций ТКО в народно-хозяйственных целях.

В свою очередь это будет способствовать формированию предпосылок для повышения качества принимаемых решений органами государственного регулирования в области реализации политики обращения с ТКО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Концепции создания объектов по сортировке и использованию твердых коммунальных отходов и полигонов для их захоронения [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 окт. 2019 г., № 715 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/file8c5b9858ea8239c5.PDF>. – Дата доступа: 14.04.2021.
2. В Беларуси разработана технология переработки смешанных полимерных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <HTTPS://GKX.BY/NOVOSTI/2705-V-BELARUSI-RAZRABOTANA-TEKHNOLOGIYA-PERERABOTKI-SMESHANNYKH-POLIMERNYKH-OTKHODOV>. – Дата доступа: 14.04.2021.
3. Технология плазменной газификации – преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vinit.com.vn/ru/>. – Дата доступа: 14.04.2021.
4. Пиролиз ТБО: плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vyvoz.org/blog/pererabotka-othodov-metodom-piroliza/#%d0%9f%d0%b8%d1%80%d0%be%d0%bb%d0%b8%d0%b7-%d0%a2%d0%91%d0%9e-%d0%bf%d0%bb%d1%8e%d1%81%d1%8b-%d0%b8-%d0%bc%d0%b8%d0%bd%d1%83%d1%81%d1%8b>. – Дата доступа: 14.04.2021.

УДК 67.08

ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОПЛАСТИКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**ENVIRONMENTAL IMPACT OF MICROPLASTIC****М. Ю. Семашко, А. И. Чухольский****M. Yu. Semashko, A. I. Chukholsky**

*Институт жилищно-коммунального хозяйства
Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь
semashko.mashenka@mail.ru*

*Institute of Housing and Communal Services
of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

Отходы упаковки из различных материалов содержат в своем составе химические соединения, которые в процессе их эксплуатации оказывают систематическое воздействие на окружающую среду и контактирующие среды, в том числе продукты питания. При этом происходит загрязнение сред с нарушением экологического баланса, нанесением вреда здоровью человека. Из основных видов загрязнений, наиболее опасным являются использование полимерной упаковки и упаковки из материалов, которые при попадании в природную среду, под воздействием ультрафиолета, влаги и бактерий образуют микропластик, который как не разлагается в природных условиях и не подлежит переработке.

Waste packaging made of various materials contains chemical compounds that, in the course of their operation, have a systematic effect on the environment and contacting media, including food. At the same time, environmental pollution occurs with a violation of the ecological balance, causing harm to human health. Of the main types of pollution, the most dangerous is the use of polymer packaging and packaging made of materials that, when released into the natural environment, under the influence of ultraviolet radiation, moisture and bacteria, form a microplastic that does not decompose in natural conditions and cannot be recycled.

Ключевые слова: микропластик, биоразлагаемые компоненты, загрязнение, пластик, органические отходы, полиэтилентерефталат, полиэтилен, полипропилен.

Keywords: microplastics, biodegradable components, pollution, plastic, organic waste, polyethylene terephthalate, polyethylene, polypropylene.

В настоящее время проблема распространения микропластика, является актуальной, как для локальных регионов, так и для мира в целом. За несколько десятилетий, микропластик проник во все уровни организации экологических систем, являясь продуктом медленного распада полимерных материалов. Огромное количество изделий из полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП), полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и других подобных полимеров выбрасывается людьми каждый день. Указанные вещества широко используются не только для создания упаковки и тары для пищевых продуктов, но из них также изготавливают одноразовую посуду, пакеты, игрушки, коктейльные трубки и другие бытовые изделия. Будучи выброшенными после использования, они медленно разлагаются в окружающей среде, образуя микроскопические частицы, которые могут попасть в воду, почву, организмы животных и птиц, а значит – и в пищевые продукты.

Вред микропластика очевиден. Поэтому во многих странах предпринимаются меры, которые можно условно разделить на два направления:

- устранение уже имеющихся загрязнений;
- ограничение попадания полимерных микрочастиц в природные условия в будущем.

В ряде развитых стран вводятся запреты на пластиковые пакеты, использование микрочастиц пластика при производстве косметики. Вдохновитесь примерами некоторых стран.

Австралия. В Австралии два серфера разработали способ сбора мусора и отходов, встречающихся в океане. Они придумали систему фильтрации воды Seabin, которую можно применять у причалов, портов для захвата пластика, бумаги, масла, топлива, моющих средств и других загрязнителей. Этот своеобразный

мусорный бак можно устанавливать на собственной моторной лодке или яхте. По сути, аппарат является большой хромированной емкостью с вкладышем из натуральных волокон. Его следует частично погружать в воду. К баку подключается водяной насос, прогоняющий воду таким образом, чтобы загрязнения оседали в мешке [1].

Голландия. Широкую известность получил проект The Ocean Cleanup, основанный в 2013 году. Голландские инженеры разработали инновационную систему очистки океана для устранения Большого тихоокеанского мусорного пятна. Устройство System 001 запустили в конце 2018 года, но пока у берегов Калифорнии. Система представляет собой барьер длиной 600 метров, состоящий из труб и принимающий U-образную форму в воде. В океане она выпускает сеть, прикрепленную к нижней части труб, на глубину примерно 3 метра. В эту сеть должны попадать отходы, которые будут транспортировать на сушу и подвергать переработке. Однако, при испытании системы все пошло не совсем так, как хотелось бы. Проект требует дальнейшей доработки и усовершенствования [1].

Великобритания. Великобритания заявила о планировании проекта по запрету применения пластиковых микрочастиц в скрабах и гелях для душа. Об этом заявила Рори Стюарт, министр экологии Великобритании в своем выступлении перед палатой общин [1].

Германия. Свенья Шульце, министр экологии Германии, сформулировала план борьбы с пластиковыми отходами, в который вошли такие пункты:

1. Отказ от избыточных упаковочных материалов и изделий из пластика.
2. Создание упаковки из биоразлагаемых компонентов.
3. Увеличение числа предприятий по переработке пластика. Планируется увеличение объемов утилизации с 36 % до 63 % к 2022 году.
4. Предупреждение попадания пластика в органические отходы, что позволит улучшить качество компоста. Это требует более тщательной сортировки мусора.
5. Уменьшение объемов пластиковых отходов, попадающих в моря. Планируется финансирование очистки 10 рек, какие выносят в океаны 90% мусора [2].

Евросоюз. Европейский Союз принял соглашение, запрещающее определенные виды обычного пластика. В перечень вошли:

- соломинки для коктейля,
- предметы одноразовой посуды,
- палочки для перемешивания
- и ватные палочки.

Окончательное соглашение было принято в конце марта 2019 года большинством голосов и вступит в силу с 2021 года. В соответствии с соглашением страны ЕС должны будут внести изменения в свои законодательства.

Также в планах Евросоюза сокращение применения других видов пластика минимум на 50 %. В их число входят контейнеры на вынос из материалов, которые не оговорены в соглашении. А также стаканчики для кофе и крышки для них. К 2030 году пластиковые бутылки должны будут минимум на 30% состоять из переработанных материалов [1].

С 2021 года на всей территории Евросоюза будут запрещены: пластиковые столовые приборы – одноразовые вилки, ножи, ложки, тарелки; стаканчики из пенопласта; соломинки для коктейлей, ватные палочки и палочки для воздушных шаров; разлагающийся от кислорода пластик (изделия из так называемых ОХО-degradable полимеров распадаются на мелкие частицы под воздействием атмосферного кислорода – но нет доказательств, что этот микропластик продолжает разлагаться, а не просто засоряет почву и воду).

К 2029 году Евросоюз планирует отправлять на переработку 90 % пластиковых бутылок. Для этого уже в 2025 все вновь произведенные бутылки должны будут на четверть состоять из переработанного сырья, а к 2030 – почти на треть.

Пластиковое загрязнение негативно влияет на туризм, рыболовство и другие сферы жизни и экономики; оно ежегодно причиняет всем странам ЕС ущерб на уровне 259-695 миллионов евро. На пластик приходится до 70 % всего мусора на европейских пляжах, при этом около половины такого мусора – это одноразовые изделия (остальное – рыболовные снасти и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблема микропластика: как мы сами себя убиваем [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://green-club.su/microplastic/> – Дата доступа : 14.04.2021.
2. Стас Янушевичус /Вред пластиковых бутылок [Электронный ресурс] – Режим доступа / https://vk.com/topic-48250139_29080578/ – Дата доступа : 14.04.2021.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

ANALYSIS OF DATA FROM STUDYING THE MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF MUNICIPAL WASTE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Я. В. Труш, Е.А. Ботян

Y. V. Trush, K. A. Batsian

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология»,
220095, ул. Г.Якубова, 76, г. Минск,
belnic@mail.belpak.by*

*The Republic Scientific and Research Unitary Enterprise «Ecology»,
220095, st. G. Yakubov, 76, Minsk, belnic@mail.belpak.by*

В рамках выполнения научно-исследовательских работ, было проведено исследование морфологического состава коммунальных отходов, на территории 20 тестовых контейнерных площадок (с располагающимися на них контейнерами для сбора твердых коммунальных отходов, вторичных материальных ресурсов (стекло, полимерные отходы, бумага), расположенных на территории 8 городов, а именно 8 контейнерных площадок расположен на территории г. Минск, 4 контейнерные площадки на территории областных центров, и 8 площадок – районные центры.

As part of the research work, a study of the morphological composition of municipal waste was carried out on the territory of 20 test container sites (with containers located on them for collecting solid municipal waste, secondary material resources (glass, polymer waste, paper) located on the territory of 8 cities, namely 8 container sites are located on the territory of Minsk, 4 container sites on the territory of regional centers, and 8 sites - regional centers.

Периоды проведения анализа морфологического состава коммунальных отходов – зима, лето.

По результатам выполненных работ было оформлено 40 актов исследования морфологического состава коммунальных отходов отдельно по каждой тестовой контейнерной площадке, с разделением на объем отходов, образующийся в контейнерах для сбора твердых коммунальных отходов, и в контейнерах для сбора вторичных материальных ресурсов.

По результатам исследования морфологического состава коммунальных отходов и вторичных материальных ресурсов на 20 тестовых площадках Республики Беларусь в зимний период, было отмечено следующее (таблица 1).

В составе твердых коммунальных отходов преобладающими фракциями в отношении к их общей массе являются: органические отходы – 27,47 %, полимерные отходы – 12,11 %, стеклом – 8,84 %, а также бумага – 5,36 %, но в тоже время было отмечено незначительное содержание следующих фракций: тетрапак (1,48%), металлы (1,36%), древесина (1,30 %), а также полное отсутствие шин (0,0 %).

В составе вторичных материальных ресурсов наибольшим содержанием в отношении их общей массы обладает фракция полимерных отходов – 31,18 %, стеклом – 14,69 %, а наименьшим процентом обладают: древесные отходы (1,08 %), металлы (0,93 %), кожа, резина (0,75 %), инертные отходы (0,97 %).

Таблица 1

Процентное соотношение выделяемых фракций отходов в составе смешанных ТКО и ВМР на территории Республики Беларусь в зимний период

№ п/п	Наименование фракции	% соотношение (смешанные ТКО)	% соотношение (ВМР)
1	Древесина	1,30	1,08
2	Бумага	5,36	3,47
3	Картон, гофрокартон	4,11	11,79

№ п/п	Наименование фракции	% соотношение (смешанные ТКО)	% соотношение (ВМР)
4	Металлы	1,36	0,93
5	Текстиль (ветошь)	2,66	3,11
6	Кожа, резина	0,53	0,75
	Шины ¹	-	-
7	Стекло	8,84	14,69
8	Полимеры, в том числе:	12,11	31,18
	ПЭТ	4,57	25,14
	Полиэтилен	4,11	5,05
	Прочий пластик	3,43	1,00
9	Полипропилен	0,70	0,42
10	Полистирол	0,20	0,95
11	Комбинированные отходы	1,89	1,28
12	Тетрапак	1,48	2,75
13	Органические отходы	27,47	4,59
14	Инертные отходы	2,90	0,97
15	Потенциально опасные отходы	4,80	4,21
16	Смешанные отходы	19,62	11,02
17	Потери	4,44	6,22

¹ - фракция по результатам разбора контейнерных площадок не выявлена.

Для проведения сравнительной оценки объемов образования отходов в республике, полученные данные были объединены в общие таблицы, и продуман критерий их оценки (таблица 2,3).

Таблица 2

Критерии оценки образования отходов









	- не обнаружено
	- содержание до 5 %
	- содержание от 5 % до 10 %
	- содержание от 10 % до 15 %
	- содержание от 15 % до 20 %
	- содержание от 20 % до 25 %
	- содержание от 25 % до 30 %
	- содержание более 35 %

Таблица 3

Сравнительный анализ смешанных ТКО

№ п/п	Наименование фракции	Минск	Областные центры	Крупные города	Города
1	Древесина	4,49	-	0,57	0,13
2	Бумага	6,81	4,92	4,55	5,17
3	Картон, гофрокартон	7,07	2,61	3,24	3,53
4	Металлы	1,84	0,99	1,19	1,41
5	Текстиль (ветошь)	3,06	5,07	0,29	2,23
6	Кожа, резина	0,46	0,33	1,02	0,30
	Шины	-	-	-	-
7	Стекло	6,83	6,88	11,21	10,42

№ п/п	Наименование фракции	Минск	Областные центры	Крупные города	Города
8	Полимеры, в том числе:	9,81	9,87	17,03	11,72
	ПЭТ	4,09	3,63	4,39	6,15
	Полиэтилен	3,96	4,36	2,76	5,37
	Прочий пластик	1,76	1,88	9,88	0,20
9	Полипропилен	0,69	0,35	0,74	1,00
10	Полистирол	0,10	0,15	0,26	0,30
11	Комбинированные отходы	0,56	0,66	0,99	5,33
12	Тетрапак	3,13	1,22	0,62	0,93
13	Органические отходы	26,04	21,52	25,51	36,80
14	Инертные отходы	2,28	2,96	6,13	0,23
15	Потенциально опасные отходы	6,55	4,13	2,41	6,11
16	Смешанные отходы	12,14	31,40	22,70	12,22
17	Потери	7,51	6,70	1,57	1,99

По данным таблицы 3, можно сделать вывод о сравнительной равномерности определяемых фракций на всех исследуемых площадках во всех городах.

Однако отличительными чертами для города Минска является: относительно высокий процент образования отходов бумаги, картона и гофрокартона (14 %), что напрямую может быть связано с особенностями исследуемых площадок (на особенности исследуемых площадок необходимо обратить внимание на следующих этапах работы), в отходах упаковки относительно высоким процентом образования отличаются полимерные отходы, а именно отходы ПЭТ-тары (4 %), и отходы стекла (7 %).

В Областных центрах ситуация складывается аналогично с Минском, однако наблюдается образование текстильных отходов, что напрямую может быть связано со слабым развитием сети приемно-заготовительных пунктов.

В сравнении с данными по Минску, Областными городами в крупных городах (с численностью населения от 30 до 100 тыс. человек) и городах с численностью населения до 20 тыс. человек наблюдается один из высоких показателей образования полимерных отходов и отходов стекла, что может быть связано с так называемой экологической безграмотностью населения или с низким охватом проживающего населения раздельным сбором.

Сводный анализ морфологического состава твердых коммунальных отходов и вторичных материальных ресурсов на 20 тестовых площадках в летний период, распределились следующим образом (таблица 4).

Состав твердых коммунальных отходов формирует для всех типов поселений за счёт фракции органических отходов. Во вторичных материальных ресурсах процент органики существенно ниже, минимальное содержание органики свойственно ВМР площадок малых городов.

Полимерные фракции играют существенную роль в формировании фракционного состава раздельно собираемых отходов. В рамках данной фракции существенную роль играет прозрачная и цветная ПЭТ-бутылка.

Распределение отходов металлов по системам сбора распределяется неравномерно, что связано с меньшим использованием для упаковки продукции (по сравнению с пластиком) и отсутствием специализированных систем сбора. При этом в ТКО содержание металлов в 1,4 -1,6 раза выше их содержания в составе раздельно собранных отходов.

Таблица 4

Усредненный фракционный состав ТКО и ВМР по результатам летнего периода исследования

№ п/п	Наименование фракции	% в ТКО	% в ВМР
1	Древесина	2,78	0,10
2	Бумага, картон, гофрокартон	9,04	16,11
3	Металлы	1,78	0,89
4	Текстиль (ветошь)	3,82	6,67
5	Кожа, резина, шины	0,21	4,17
6	Стекло	9,25	6,67
7	Полимеры, в том числе	12,17	22,27
8	ПЭТ-тара	8,28	18,90

№ п/п	Наименование фракции	% в ТКО	% в ВМР
9	Полиэтилен	1,97	1,39
10	Полипропилен	0,93	1,00
11	Полистирол	1,00	0,93
12	Комбинированные отходы	2,76	2,70
	Тетрапак (с разделением по содержимому)	1,29	2,29
13	Органические отходы	37,37	8,34
14	Инертные отходы	3,89	4,10
15	Потенциально опасные отходы	7,09	9,78
16	Смешанные отходы	1,05	1,80
17	Потери	4,38	2,82

1 - фракция по результатам исследований на контейнерных площадках не выявлена.

При проведении сравнительной оценки объемов образования отходов в республике, было получено следующее (таблица 5).

Таблица 5

Интегральный анализ фракций смешанных ТКО по частоте встречаемости

№ п/п	Наименование фракции	Минск	Областные центры	Крупные города	Города
1	Древесина	1,16	9,27	-	0,68
2	Бумага, картон, гофрокартон	11,43	13,71	8,82	2,21
3	Металлы	0,63	1,55	4,10	0,83
4	Текстиль (ветошь)	3,64	6,73	3,00	1,92
5	Кожа, резина, шины	-	0,10	0,37	0,37
6	Стекло	6,17	16,50	7,40	6,90
	Полимеры, в том числе	7,55	22,24	11,78	7,11
7	ПЭТ-тара	3,56	18,74	5,42	5,40
8	Полиэтилен	2,58	0,97	3,72	0,63
9	Полипропилен	0,51	0,26	2,11	0,85
10	Полистирол	0,93	2,27	0,54	0,25
11	Комбинированные отходы	3,34	2,17	2,86	2,67
12	Тетрапак (с разделением по содержимому)	1,77	1,69	1,45	0,25
13	Органические отходы	39,61	7,34	51,76	50,75
14	Инертные отходы	5,22	4,52	2,31	3,51
15	Потенциально опасные отходы	6,28	0,86	4,89	16,33
16	Смешанные отходы	-	3,98	0,23	-
17	Потери	0,69	9,33	1,02	6,48

По данным таблицы 5, можно сделать вывод о сравнительной равномерности распределения встречаемости фракций по изучаемым площадкам для всех типов населенных пунктов.

Однако отличительными чертами для города Минска являются:

– относительно высокий процент образования отходов бумаги, картона и гофрокартона (11,43 %), что напрямую может быть связано с особенностями исследуемых площадок;

– высокий процент образования органических отходов (36,61 %), и отсутствие отходов древесины.

В областных центрах ситуация складывается аналогично с Минском, однако:

– наблюдается образование текстильных отходов (6,73 %), что напрямую может быть связано с не востребованностью данного сырья в др. системах сбора.

В сравнении с данными по Минску и областными городами, в средних (с численностью населения от 30 до 100 тыс. человек) и малых городах (с численностью населения до 20 тыс. человек) наблюдается высокий показатель образования органических отходов, что напрямую может быть связано с сезонностью проведения работ.

Таким образом, распределение объемом коммунальных отходов по видам на территории Республики Беларусь зависит в первую очередь от сезонности проведения работ, а также от степени

заинтересованности/информированности населения о важности раздельного сбора твердых коммунальных отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. №271-3 (в ред. от 10.05.2019) « Об обращении с отходами».
2. Постановление Совета Министров от 23.10.2019 № 715 «Об утверждении Концепции создания объектов по сортировке и использованию твердых коммунальных отходов и полигонов для их захоронения».
3. Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 26 декабря 2019 г. № 31 «Об установлении перечня отходов, относящихся к коммунальным отходам».
4. Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 7 декабря 2018 г. № 9 «О составе, порядке разработки, согласования и утверждения схем обращения с коммунальными отходами».

ТРАНСГРАНИЧНАЯ ПЕРЕВОЗКА ОПАСНЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ БАЗЕЛЬСКОЙ КОНВЕНЦИИ

CROSS-BORDER TRANSPORT OF HAZARDOUS WASTE UNDER THE BASEL CONVENTION

М. П. Дударенко, Е. А. Ботян

M. P. Dudarenko, E. A. Batsian

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология»
220095, ул. Г. Якубова, 76, г. Минск,
belnic@mail.belpak.by*

*The Republic Scientific and Research Unitary Enterprise «Ecology»
220095, st. G. Yakubov, 76, Minsk*

В настоящей статье использованы данные, полученные авторами при подготовке национального доклада по выполнению Республикой Беларусь требований Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением за 2019 год.

This article uses the data by the authors when preparing a national report on Belarus' compliance with the requirements of the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Wastes and Their Disposal for 2019.

Ключевые слова: опасные отходы, Базельская конвенция, экспорт, импорт, трансграничная перевозка, экологически безопасное удаление, стратегия, экологически обоснованное использование

Keywords: safe waste, export, import, cross-border transportation, environmentally sound disposal, strategy, environmentally sound use

Базельская конвенция является глобальным правовым документом, разработанным Программой ООН по охране окружающей среды в сотрудничестве с международным сообществом. Ее целями является регулирование международной торговли в сфере опасных и других отходов, минимизация их образования и трансграничного перемещения и обеспечение их экологически безопасного удаления. Для обеспечения экологически безопасного удаления опасных и других отходов Конвенция устанавливает, что удаление должно осуществляться как можно ближе к источнику образования отходов, т. е. трансграничное перемещение должно быть сведено к минимуму.

Республика Беларусь присоединилась к Базельской конвенции 16 сентября 1999 г.

Определенные требования к составу Национального доклада предусмотрены в формате национальной отчетности для сторон Базельской конвенции и включают данные об отходах, трансграничное перемещение которых контролируется; ограничения на трансграничное перемещение отходов и процедуры государственного контроля; меры, направленные на сокращение объемов образования отходов, а также меры по снижению их трансграничного перемещения; оценку воздействия отходов на окружающую среду и здоровье людей; двусторонние, многосторонние или региональные соглашения, заключенные в соответствии со ст.11 Базельской Конвенции; национальные объекты по переработке и удалению отходов; данные об объемах экспортируемых и импортируемых отходов; сведения о развитии национального законодательства по экологически обоснованному обращению с опасными отходами.

В настоящей статье использованы данные, полученные авторами при подготовке национального доклада по выполнению Республикой Беларусь требований Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением за 2019 год.

Республика Беларусь, как сторона Базельской конвенции, контролирует экспорт, импорт и транзит через территорию Республики Беларусь опасных и других отходов, подлежащих регулированию в рамках Конвенции и в соответствии с национальным законодательством.

Экспорт и импорт опасных отходов осуществляется на основании предварительно полученного разрешения (лицензии) на ввоз или вывоз отходов, ограниченных к перемещению через таможенную границу Республики Беларусь по основаниям неэкономического характера. Разрешения выдает Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, а лицензии - Министерство торговли и антимонопольного развития Республики Беларусь.

Стороны Базельской конвенции руководствуются Единым перечнем товаров, согласно которому определены:

опасные отходы, ввоз которых на таможенную территорию Таможенного союза запрещен (раздел 1.2 Единого перечня товаров);

опасные отходы, ограниченные к перемещению через таможенную границу Таможенного союза при ввозе и/или вывозе (раздел 2.3 Единого перечня товаров).

Авторами собрана и проанализирована информация о количестве экспортированных и импортированных в 2019 г. опасных отходов, в отношении которых Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь были выданы разрешения на их трансграничное перемещение, а Министерством торговли и антимонопольного развития Республики Беларусь – лицензии; с учетом места их назначения и происхождения и способов удаления (рекуперации).

Собранная информация в обобщенном виде представлена в таблицах 1 и 2 настоящей статьи и содержит сведения об объемах экспортированных и импортированных в 2019 году опасных и других отходов с указанием операций по удалению, которые не ведут к возможной рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию (раздел А приложения 1У к Конвенции), а также операций, которые могут привести к рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию (раздел В приложения 1У к Конвенции).

Наименование видов отходов, представленных в таблицах 1 и 2, соответствует классификации товаров в товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС).

Таблица 1

Операции по конечному удалению или рекуперации экспортированных опасных и других отходов

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Экспортированные объемы, тонн	Страна назначения	Операции по конечному удалению или рекуперации
1	2	3	4
Шлак, дресс (кроме гранулированного шлака), окалина и прочие отходы производства черных металлов, прочие (код 2619009000)	17000,0	RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, дресс (кроме гранулированного шлака), окалина и прочие отходы производства черных металлов, прочие (продукт железосодержащий) (код 2619009000)	6000,0	UA	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, содержащие в основном цинк (гартцинк) (код 2620110000)	188,0 42,0	LT, LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения (содержащие в основном цинк (прочие), шлаки цинксодержащие) (код 2620190000)	17,02	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения (содержащие в основном цинк (прочие), изгарь цинковая) (код 2620190000)	307,071	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения (содержащие в основном цинк (прочие) (цинковая пыль) (код 2620190000)	30,0	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Экспортируемые объемы, тонн	Страна назначения	Операции по конечному удалению или рекуперации
1	2	3	4
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, содержащие в основном медь (шлаки медьсодержащие) (код 2620300000)	678,66 20,02	DE CA	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, содержащие в основном алюминий (шлак алюминиевых сплавов) (код 2620400000)	280,0 4660,0	UA RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, прочие, содержащие в основном свинец, (зола металлургическая свинцовая) (код 2620999509)	355,0 600,0	UA LT	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак и зола прочие, включая золу из морских водорослей (келп); прочие (золошлаковая смесь) (код 2621900000)	8604,05	UA	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Итого R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений	38781,821		
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, содержащие в основном медь (отработанные катализаторы медные) (код 2620300000)	337,194	GE	R8 рекуперация компонентов катализаторов
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, содержащие в основном алюминий отработанные (катализаторы алюминиевые) (код 2620400000)	133,898	LT	R8 рекуперация компонентов катализаторов
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, содержащие в основном никель (катализаторы никелевые) (код 2620991000)	20,451	LT	R8 рекуперация компонентов катализаторов
Итого R8 рекуперация компонентов катализаторов	491,543		
Продукция химической и связанных с ней отраслей промышленности, ртуть прочая (код 2805409000)	3,0	LT	R5 рециркуляция/утилизация других неорганических материалов
R5 рециркуляция/утилизация других неорганических материалов	3,0		
Кислота аккумуляторная серная отработанная (код 2807000000)	1000,0	LV	R6 восстановление кислот и оснований

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Экспортируемые объемы, тонн	Страна назначения	Операции по конечному удалению или рекуперации
1	2	3	4
Итого R6 восстановление кислот и оснований	1000,0		
Отходы, обрезки и скрап резины (кроме отходов твердой резины), порошки и гранулы, полученные из них (скрап, отходы корда) (код 4004000000)	67,71 200,0	PK NL	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей
Прочие шины и покрышки пневматические, бывшие в употреблении (код 4012200009)	200,0 300,0	GE TG	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей
Итого R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей	767,71		
Отходы и лом первичных элементов, первичных батарей и электрических аккумуляторов (прочие) (код 8548109900)	400,152	LT	R13 аккумулирование материала для последующего удаления
Итого R13 аккумулирование материала для последующего удаления	400,152		
Итого экспортировано в 2019 году	41444,226		

Установлено, что экспорт опасных отходов в 2019 г.в Республике Беларусь снизился по сравнению с предыдущим годом почти на 6,4 тыс. т (свыше 13%), что обусловлено значительным уменьшением экспорта железосодержащих отходов электросталеплавильного, прокатного и метизного цехов (окалина, продукты железосодержащие, пыль газоочистки) ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания». Уменьшение экспорта вышеназванных отходов на предприятии составило почти 41,0 тыс. т., что намного превышает среднее снижение по республике.

За пределы шлака, дресса (кроме гранулированного шлака), окалина и прочих отходов производства республики в 2019 году вывезены свыше 41,4 тыс. т опасных отходов. Больше всего экспортировано черных металлов ОАО «Белорусский металлургический завод - управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания», шлака алюминиевых сплавов, золошлаковой смеси (36,5 тыс. т или 88,2% от общего объема экспортированных отходов) в Россию и Украину для использования в качестве сырья.

Среднее снижение по республике сформировалось также с учетом экспорта в 2019 г. отходов, которые имеют увеличение объема экспорта по сравнению с 2018 г. Это шлаки алюминиевых сплавов (увеличение экспорта с 1500,0 т в 2018 г. до 4940,0 т в 2019 г.); зола металлургическая свинцовая (увеличение со 110,0 т до 955,0 т) и др.

Помимо экспортируемых ранее позиций, в 2019 году расширена номенклатура экспортируемых отходов в соответствии с кодами по ТН ВЭД ЕАЭС в части золошлаковой смеси (8604,05 т), кислоты аккумуляторной серной отработанной (1000,0 т), отработанных катализаторов медных (337,194 т).

На снижение экспорта повлиял также тот факт, что в 2019 году из Республики Беларусь не вывозились непригодные пестициды, катализаторы молибденовые, вольфрамовые, концентрат сурьмянистый, изгарь свинцовая, шлак солевой алюминиевый.

Всего на рециркуляцию/утилизацию металлов и их соединений (код R4) в 2019 году отправлено 38,8 тыс. т опасных отходов (93,7% от объема экспортированных отходов), 1,0 тыс. т (2,4%) вывезены за пределы республики для восстановления кислот и оснований (код R6)(кислота аккумуляторная серная).

Сведения об объемах импортированных в 2019 году опасных и других отходов по номенклатуре в соответствии с ТН ВЭД ЕАЭС, с указанием операций по удалению, которые не ведут к возможной рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию, а также операций, которые могут привести к рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию.

Таблица 2

Операции по конечному удалению или рекуперации импортированных опасных и других отходов

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Импортированные объемы, тонн	Страна происхождения	Операции по конечному удалению или рекуперации
1	2	3	4
Шлак гранулированный (шлаковый песок), получаемый в процессе производства черных металлов (продукт железосодержащий на основе окалины) (код 2618000000)	100000,0 120000,0	UA RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак гранулированный (шлаковый песок), получаемый в процессе производства черных металлов (код 2618000000)	53150,466 40000,0	UA RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак гранулированный (шлаковый песок), получаемый в процессе производства черных металлов (шлак доменный) (код 2618000000)	37,291	UA	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак и зола прочие, включая золу из морских водорослей (келп) (золошлаковая смесь) (код 2621900000)	72043,59	RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак и зола прочие, включая золу из морских водорослей (келп), прочие (код 2621900000)	50000,0	UA	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Итого R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений	435231,347		
Отходы, обрезки и скрап резины (кроме отходов твердой резины), порошки и гранулы, полученные из них (отходы корда) (4004000000)	1500,0	HL	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей
Прочие шины и покрышки пневматические, бывшие в употреблении (4012200009)	500,0 118,21 80,0	LV DE HL	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей
Итого R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей	2198,21		
Итого импортировано в 2019 году	437429,557		

В Республику Беларусь ввезены 437,4 тыс. тонн опасных отходов. В основном это шлаки гранулированные (шлаковый песок), получаемые в процессе производства черных металлов, из Украины и России (435,2 тыс. т или 99,5% от общего количества импортированных отходов). Эти отходы идут на рециркуляцию/утилизацию металлов и их соединений. Оставшиеся 2,2 тыс. тонн представлены отходами корда и шин и покрышек пневматических, бывших в употреблении, и используются для сжигания в цементных печах

Следует отметить, что в целом по республике наблюдается увеличение импорта опасных и других отходов (с 388,9 тыс. т в 2018 г. до 437,4 тыс. т в 2019 г.).

Увеличение импорта произошло, в основном, за счет увеличения импорта шлака и золы прочих, включая золу из морских водорослей (келп) (с 75,1 тыс. т в 2018 г. до 122,0 тыс. т в 2019 г.); отходов корда, шин, бывших в употреблении (с 0,7 тыс. т до 2,2 тыс. т в 2019 г.). Это обусловлено увеличением потребления этих отходов цементными предприятиями республики.

Имеет место увеличение импорта по шлакам гранулированным с 233,9 тыс. т в 2018 г. до 313,2 тыс. т в 2019 г.

Отмечено снижение импорта по железосодержащим отходам с 233,86 тыс. т в 2018 г. до 220,0 тыс. т в 2019 г.

Образование отходов 1-4 классов опасности около 50,23 млн. тонн и отходов 1-3 классов опасности свыше 2,07 млн. тонн.

В республике, за рассматриваемый период, образовалось 230,63 тыс. тонн. опасных отходов, подлежащих регулированию.

Из них наибольший удельный вес в общем объеме образования опасных отходов (40,75 % или 92,99 тыс. т) имеют медицинские отходы охраны здоровья людей, относящиеся к категории Y1; далее следуют отходы синтетических и минеральных масел и шламы минеральных масел, относящиеся к категории Y8 по классификации Базельской конвенции (22,9% или 52,71 тыс. т); кубовые остатки (3,55 % или 8,21 тыс. т), относящиеся к категории Y11; 10,03% (23,13 тыс. т) - оксид кремния с вредными примесями (кремнегель) и кислота кремнефтористоводородная (Y32); 3,66% (8,45 тыс. т) в общем объеме образования составляют отходы эмульсий и смесей нефтепродуктов (Y9); 8,0 % (18,47 тыс. т) - отходы неорганических и органических кислот; 4,65 % (10,72 тыс. т) органические растворители, их смеси и другие органические жидкости без галогенных органических соединений.

Заключение

Республика Беларусь предпринимает усилия по минимизации образования опасных и других отходов, что служит показателем продвижения секторов экономики к менее материалоемким структурам производства и потребления.

Предпринимаются меры по снижению вредного воздействия отходов на здоровье людей и окружающую среду.

В целом по республике в 2019 году импорт опасных отходов увеличился по сравнению с 2018 годом почти в два раза, а экспорт опасных отходов уменьшился по сравнению с 2018 годом на 20%.

Тенденция изменения экспорта опасных отходов в сторону увеличения, а импорта в сторону уменьшения показывает, что республика положительно реагирует на необходимость минимизации опасных отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. №271-3 (в ред. от 10.05.2019) « Об обращении с отходами».
2. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 16 августа 2012 г. № 134 (ред. от 11.12.2018) «О нормативных правовых актах в области нетарифного регулирования» (вместе с «Положениями о применении ограничений»).
3. Форма №1-отходы (Минприроды) «Отчет об обращении с отходами производства», утв. Постановлением Национального статистического комитета Республики Беларусь от 10 октября 2018 г. №103.
4. Национальный доклад по выполнению Базельской конвенции за 2019 год.

Научное издание

Экологическая безопасность 1991-2021

Сборник материалов заочной научно-практической конференции, посвященной юбилейной дате образования РУП «Бел НИЦ «Экология»

Ответственный за выпуск Сакович Е. А.
Подписано в печать 20.05.2021 Формат 60x84/8.
Бумага офсетная. Печать ризографическая. Тираж 5 экз.

