



НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ



ПАЛЕСКІ АГРАРНА-ЭКАЛАГІЧНЫ ІНСТЫТУТ

ПРЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ: АСАБЛІВАСЦІ І ПЕРСПЕКТЫВЫ РАЗВІЦЦЯ

Зборнік навуковых прац

Заснаваны ў 2008 годзе

Выпуск 13

Мінск
«Беларуская навука»
2022

УДК [502/504+574](476-13)(082)

У зборніку змешчаны матэрыялы, прысвечаныя абагульненню нацыянальнага і замежнага вопыту па захаванні ландшафтнай і біялагічнай разнастайнасці ва ўмовах антрапагеннай трансфармацыі асяроддзя, рацыянальным выкарыстанні зямельных (глебавых) і водных рэсурсаў рэгіёна, экалагасу-мяшчальных тэхналогіях у раслінаводстве і прымяненні адходаў, а таксама па выпрацоўцы шляхоў вырашэння надзённых праблем Палесся, якія забяспечваюць устойлівае сацыяльна-эканамічнае развіццё трансгранічнага рэгіёна.

Выданне адрасавана навукоўцам, спецыялістам сельскай, лясной гаспадаркі і органаў аховы навакольнага асяроддзя, выкладчыкам і студэнтам адпаведных спецыяльнасцей устаноў вышэйшай адукацыі.

Р э д а к ц ы й н а я к а л е г і я:

М. В. Міхальчук (галоўны рэдактар),
А. М. Ажгірэвіч, А. Г. Арцямук, М. А. Багдасараў, В. М. Босак, А. А. Волчак, С. Я. Галаваты,
В. Т. Дзямянчык, І. І. Кірвель, І. І. Ліштван, У. Ф. Логінаў, П. С. Лопух, А. С. Меяроўскі,
Т. А. Раманава, В. С. Хоміч, Л. С. Цвірко, А. А. Брыль (адказны сакратар)

Р э ц е н з е н т ы:

член-карэспандэнт НАН Беларусі, доктар геолога-мінералагічных навук, прафесар М. А. Багдасараў,
В. С. Хоміч

ЗМЕСТ

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

И. С. Данилович, Е. Г. Квач, Д. С. Поликша СОВРЕМЕННЫЕ И БУДУЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В БАССЕЙНЕ ПРИПЯТИ	7
Л. А. Лисовский ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ ПУТЕЙ ПРИПЯТИ И ЗАПАДНОГО БУГА.....	10
В. И. Мельник, И. В. Буяков, Н. Г. Пискунович, Т. Г. Шумская ОЦЕНКИ УВЛАЖНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ЗА 1989–2018 гг.....	13
И. М. Мерленко, В. В. Федонюк, Н. А. Федонюк, Н. О. Мерленко, А. М. Шворак ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ (НА ПРИМЕРЕ КИВЕРЦОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЦУМАНСКАЯ ПУЩА»)	17
О. П. Мешик, В. А. Морозова, М. В. Борушко ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕГЕ, ФОРМИРУЮЩИХ ВЕСЕННИЕ ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	20
О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова РАЗВИТИЕ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	23
Н. В. Михальчук, М. М. Дашкевич, О. А. Галуц, Е. А. Брыль, С. Н. Михальчук СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КОРМОВЫХ КУЛЬТУРАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПЕСЧАНЫХ И ДЕРНОВЫХ ЗАБОЛОЧЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ	27
Т. Г. Табальчук ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ СУТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	32
Т. А. Шелест ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	35
Т. А. Шелест, А. Н. Полюхович ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ	38

СЕЛЬСКАЯ ГАСПАДАРКА

Е. Г. Артемук, Т. И. Новикова, Р. В. Чепрасов СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОРМОВ, ЗАГОТОВЛЕННЫХ ХОЗЯЙСТВАМИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА БРЕСТСКОГО РАЙОНА	43
Г. А. Камышенко СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ	47
В. В. Конончук МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЖНЕЙШИХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ.....	50

М. А. Пастухова, Б. В. Шелюто, З. А. Зайцева, Т. И. Новикова, С. Н. Михальчук ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДА МИУРА В ПОСЕВАХ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ.....	54
Р. И. Плескацевич, Е. Е. Берлинчик, Е. В. Савостьяник БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДА АЗОФОС, 50 % К. С. В НАСАЖДЕНИЯХ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	57
А. А. Соколова, С. Ж. Фарафонов ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО РАЗВИТИЯ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ	60
А. В. Сорока, Н. Ф. Терлецкая, А. С. Антонюк ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗЕРНООТХОДОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И КАЧЕСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	64
В. М. Яцухно, С. С. Бачила УЯЗВИМОСТЬ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ: ОЦЕНКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ	67

ЭКАЛОГІЯ

И. В. Абрамова ДИНАМИКА ЗИМНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ СОСНЯКОВ ЧЕРНИЧНЫХ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ	72
А. А. Волчек, М. А. Таратенкова ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ р. МУХАВЕЦ.....	75
А. А. Волчек, С. И. Парфомук, С. В. Сидак СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА р. ПРИПЯТЬ	78
А. А. Волчек, О. П. Мешик, В. Е. Валуев, Ю. А. Мажайский, О. В. Черников МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ.....	83
И. М. Гаранович, В. Т. Демянчик ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ г. БРЕСТА	86
И. В. Давыдова, В. В. Мельник, К. С. Денисюкова НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷ CS В ЧАСТЯХ И ОРГАНАХ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>VACCINIUM MYRTILLUS</i>)	89
М. Г. Демянчик, В. В. Демянчик СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОХРАНЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ СКОПЛЕНИЙ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (<i>CHIROPTERA</i>) В УРБАНИЗИРОВАННОМ ЛАНДШАФТЕ г. БРЕСТА.....	92
В. Т. Демянчик, В. П. Рабчук, И. А. Дятчук, В. В. Демянчик, М. Г. Демянчик СОВРЕМЕННЫЕ ПРОТИВОРЕЧИВЫЕ СИТУАЦИИ «ДИКИЕ ПТИЦЫ - ГОРОДСКАЯ ЗАСТРОЙКА» В УСЛОВИЯХ г. БРЕСТА.....	95
В. Т. Демянчик, В. П. Рабчук, И. А. Дятчук, В. В. Демянчик, М. Г. Демянчик ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ ФАУНЫ И ФЛОРЫ В ЭКОСИСТЕМАХ г. БРЕСТА	98
В. Т. Демянчик, А. М. Семеняк, А. И. Ольгомец, В. В. Демянчик ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ВЯХИРЯ <i>COLUMBA PALUMBUS</i> НА ЭТАПЕ АКТИВНОЙ СИНАНТРОПИЗАЦИИ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ	103
Я. К. Еловичева ОСОБЕННОСТИ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	107

П. Н. Захарко, С. А. Дубенок РАЗРАБОТКА ТИПОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ.....	110
И. И. Кирвель, В. Е. Левкевич, П. И. Кирвель МАЛЫЕ ВОДОЕМЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	113
Л. А. Кириченко, А. А. Волчек ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2020 г.	117
А. П. Колбас, М. А. Пастухова, М. М. Дашкевич, Н. Ю. Колбас ОЦЕНКА УРОВНЕЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ С ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ В БРЕСТСКОМ РЕГИОНЕ	121
Н. Ю. Колбас, И. Н. Яковук, М. С. Василевский, А. А. Плинда, А. П. Колбас ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>TRIFOLIUM PRATENSE</i> L. В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....	124
В. В. Конончук, А. В. Сорока, А. Н. Гапонюк, Н. Н. Костюченко ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	127
К. К. Красовский, С. В. Корженевич ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НАСЕЛЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ - АНАЛИЗ ПРИЧИН, ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ	130
И. А. Машков, Н. В. Толкачёва, А. М. Потапенко, В. А. Серенкова, А. К. Козлов ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БРЕСТСКОГО ГПЛХО.....	133
Т. Н. Мыслыва, О. Н. Левшук ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРЕДЕЛАХ г. ГОРКИ	137
А. М. Мялік СУЧАСНЫЯ ЗМЭНЫ І ПРАГНОЗ РАЗВІЦЦЯ ФЛОРЫ Ў ЗОНЕ ПАЛЕСКАЙ ХАРАЛАГІЧНАЙ ДЫЗ'ЮНКЦЫІ ПАД УПЛЫВАМ АНТРАПАГЕННАГА ЁЗДЗЕЯННЯ	141
А. Н. Полухович, А. Н. Ажгиревич ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БОЛОТА ДУБНИК	144
М. Л. Романова, Г. В. Ермоленкова, А. Н. Червань СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	151
Н. С. Ступень ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТА.....	154
Н. А. Федонюк, В. В. Федонюк, А. О. Мозолюк ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ.....	157
В. В. Шималов ВОЗБУДИТЕЛИ ГЕЛЬМИНТОЗООНОЗОВ У МЕЛКИХ ГРЫЗУНОВ, НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ В БРЕСТСКОМ ПОЛЕСЬЕ.....	161
В. В. Шималов ДОПОЛНЕНИЕ И АНАЛИЗ СВЕДЕНИЙ О МОНОГЕНЕЯХ, ТРЕМАТОДАХ И ЦЕСТОДАХ БЕЛАРУСИ	168

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ



УДК 551.582.; 551.584; 556,5

СОВРЕМЕННЫЕ И БУДУЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В БАССЕЙНЕ ПРИПЯТИ

И. С. Данилович¹, Е. Г. Квач², Д. С. Поликша²¹ Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь² Белгидромет Минприроды, г. Минск, Республика Беларусь

Дана оценка современных изменений в гидрологическом режиме рек Полесья, которые заключаются во внутриводосборном перераспределении стока, смещении фаз гидрологического режима и повторяемости и интенсивности опасных явлений на реках. Будущие изменения режима рек определены на основе гидрологического моделирования с использованием климатических проекций для территории Беларуси и заключаются в снижении годового стока к 2050 г. в левобережной части и небольшом увеличении в правобережной части бассейна при мягком сценарии и повышении стока по всему бассейну при более жестких сценариях.

Введение

Изменение климата на территории Беларуси, отмечающееся в течение последних десятилетий (1988(9)–2018 гг.), оказывает влияние на все компоненты природной среды и экономику страны. Для адаптации отраслей экономики необходимы достоверные данные о их величине и направленности. Прогнозная информация о режиме рек может быть получена на основании статистических методов и длительных рядов инструментальных наблюдений, а также методов численного моделирования гидрологических процессов. Последний метод позволяет получать сведения об изменении гидрологического режима с высоким пространственным разрешением, в том числе для регионов, где отсутствуют инструментальные наблюдения. Модели на современном этапе включают различные виды входных данных, позволяют формализовать большинство процессов стокообразования и получать качественную информацию о динамике гидрологического режима.

Цель работы – оценка современных изменений режима рек в бассейне Припяти на основе материалов инструментальных наблюдений и расчетов будущих изменений речного стока при помощи гидрологического моделирования.

Методика и объекты исследования

Исходные данные. Исходные данные для исследования представлены материалами Государственного климатического кадастра – суточные значения температуры воздуха и осадков по 13 метеорологическим станциям; Государственного водного кадастра – суточные значения расходов воды и характерные уровни по 8 гидрологическим постам. Численные эксперименты будущих изменений климата проводились в рамках проекта EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment, World Research Climate Programme, WMO) [1]. Расчеты для территории Беларуси выполнялись для температуры воздуха и осадков и базировались на 3–16 климатических проекциях для каждой метеорологической характеристики, обобщенных медианой [2]. Будущие изменения климатических характеристик рассчитаны для трех сценариев антропогенного воздействия (Representative Concentration Pathways, RCP): RCP2.6, что соответствует концентрации парниковых газов 421 p.p.m., RCP4.5 (538 p.p.m.) и RCP8.5 (936 p.p.m.) [3]. Вычисления выполнялись в узлах регулярной сетки, совпадающие с положе-

нием метеорологических станций, расположенных в рассматриваемом регионе.

Периоды. Анализ современных изменений гидрологического режима в бассейне Припяти выполнялся за период, соответствующий климатическим особенностям на территории Беларуси за 1989–2018 гг. Расчеты будущих изменений режима рек характерны для 2040–2060 гг.

Гидрологическая модель. Расчет прогнозных гидрологических характеристик выполнялся с использованием численной модели «Гидрологические прогнозы для окружающей среды» (Hydrological Predictions for the Environment, HYPE). Модель HYPE (Швеция) представляет собой полураспределенную физическую модель водосбора, которая имитирует поток воды и веществ по длине реки, что формируется в результате выпадения осадков в различных частях водосбора [4].

Расчеты в гидрологической модели HYPE базируются на уравнении водного баланса. Структура водного баланса в модели изображена на рисунке. Приходные компоненты представлены осадками на поверхность водосбора, притоком поверхностных и подземных вод, расходные – испарением с поверхности снега и льда, испарением и транспирацией с поверхности водосбора, поверхностным и подземным оттоком воды. В модели реализован расчет стока в зависимости от подстилающей поверхности, которая представлена в виде 3 почвенных слоев,

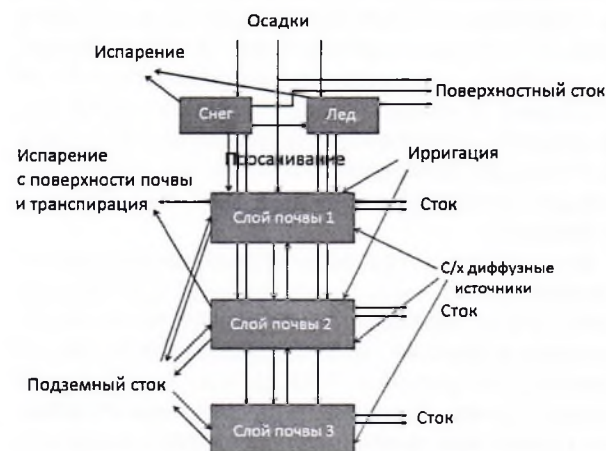


Рисунок. – Структура водного баланса в гидрологической модели HYPE

связанных вертикальным водообменом, для них отдельно описываются условия формирования стока.

Схема расчетов. Расчет прогнозных гидрологических характеристик включал в себя несколько этапов. В первую очередь были определены расчетные водосборы, для которых в цифровой топографической основе выполнялось определение их границ до замыкающего створа в месте расположения гидрологического поста Белгидромета Минприроды. Далее проводилась подготовка количественных параметров модели – геоданных и геоклассов водосборов (комбинации типа почвы и землепользования/типа подстилающей поверхности). После выполнялись расчеты стока по гидрологическим постам за исторический период и калибровка модели. Далее рассчитывались будущие изменения речного стока.

Результаты и их обсуждение

Современные изменения гидрологического режима реки Припять и ее притоков. Среди наиболее значимых изменений в гидрологическом режиме рек бассейна Припяти за последние десятилетия следует отметить внутригодовое перераспределение стока; изменение сроков наступления и продолжительности фаз водного режима; повторяемость и интенсивность опасных явлений на реках (в данной работе – высокие и низкие уровни).

В последние десятилетия (1988(9)–2018 гг.) на фоне заметного изменения климата на территории Беларуси, в бассейне Припяти отмечается перераспределение стока внутри года, которое наиболее выражено в зимние и весенние месяцы: доля зимнего стока выросла на 5 %, при этом наблюдается повышение значений уровня зимней межени в среднем на 22 см. Сток весеннего половодья уменьшился на 7 %. Доля летнего и осеннего стока выросла на 1–2 %. Однако на фоне увеличения доли межени стока в период открытого русла отмечается тенденция снижения наименьших уровней летне-осенней межени в среднем на 32 см [5].

Средние многолетние даты начала весеннего половодья в бассейне Припяти приходятся на первую половину марта, за период потепления начало половодья сместилось в среднем на 2 недели. Оканчивается весеннее половодье в середине июня, а в последние десятилетия – в середине мая, что привело к снижению его продолжительности на 10–17 дней, в западной части бассейна на 2–3 дня, и в среднем по бассейну составляет около 95 дней. Наибольшая продолжительность весеннего половодья составила 149 дней в 1967 г. (р. Припять у г. Мозыря).

За последние три десятилетия начало летне-осенней межени сместилось на 4–22 дня. Продолжительность периода летне-осенней межени увеличилась в среднем на 12–29 дней, начало зимней межени сдвинулось на 3–13 дней в сторону более поздних сроков. Продолжительность зимней межени на реках всех бассейнов сократилась в среднем на 14–26 дней.

В это время в бассейне Припяти отмечается преобладание периодов с опасно низкими уровнями над годами с опасно высокими уровнями. Опасно

высокие уровни в бассейне Припяти отмечались в 2004–2006, 2010, 2011, 2013, 2018 гг. во время весеннего половодья, опасно низкие – в 1995, 1996, 2002–2005, 2007, 2010–2018 гг.

Будущие изменения гидрологического режима реки Припять и ее притоков. Изменение гидрологического режима рек бассейна Припяти в целом в соответствии с происходящими тенденциями. В случае реализации сценария RCP2.6 увеличение стока рек в зимний сезон, и особенно в январе–феврале – на 14–34 %, в весенний сезон величина изменения ожидается в пределах 10 % в сторону повышения и понижения. Летом и осенью изменения также будут небольшими – в пределах 2–12 %, преимущественно в сторону уменьшения стока. Годовые значения стока предположительно будут близки к средним многолетним, отклонения не превысят 1–3 %.

При сценарии RCP4.5 заметный рост речного стока преимущественно в холодную часть года (сентябрь–март), который предположительно составит 17–60 %, с наибольшими значениями в зимние месяцы январь и февраль 30–60 %. Весной (апрель), когда отмечается прохождение весеннего половодья, не ожидается значимого изменения среднемесячного стока. С мая по август предположительно сток будет выше средних многолетних значений на 3–30 %. Годовые величины будут выше среднемноголетних на 16–26 %.

Согласно сценарию RCP8.5, ожидается, что в зимний сезон сток будет превышать многолетние значения на 27–66 % (что немного выше показателей сценария RCP4.5), весной – в марте и мае расчеты показали увеличение на 10–22 %, а в апреле снижение на 5–15 %. В летний сезон сток ожидается выше многолетних значений на большинстве рек на 13–31 %, осенью превышение предположительно составит 17–38 %. Среднегодовой будет выше многолетнего на 14–24 %.

Выводы

Проведенные расчеты показали продолжающиеся изменения во внутригодовом распределении стока в бассейне Припяти, смещение фаз гидрологического режима и изменение повторяемости и интенсивности опасных явлений на реках; снижение годового стока к 2050 г. в левобережной части и небольшое увеличение в правобережной части бассейна при сценарии RCP2.6, увеличение стока по всему бассейну при сценариях RCP4.5 и RCP8.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research / D. Jacob [et al.] // *Regional Environmental Change*. – 2014. – Vol. 1, is. 2. – P. 563–578.
2. Данилович, И. С. Оценка возможных будущих изменений температуры воздуха и осадков по декадам текущего столетия для территории Беларуси на основе результатов численного моделирования / И. С. Данилович, Б. Гайер // *Природные ресурсы*. – 2018. – № 1. – С. 102–114.
3. МГЭИК, 2013а: Приложение III: Глоссарий [S. Planton, (ed.)]. В: *Изменение климата, 2013 г.: физи-*

ческая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый оценочный доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bexand P. M. Midgley (eds.)]. – Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, 2013. – P. 1447–1466.

4. Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) model – A water quality model for different spatial scales / G. Lindström [et al.] // *Hydrology Research*. – 2010. – Vol. 41. 3–4. – P. 295–319.
5. Особенности формирования водности рек Беларуси в последние десятилетия / И. С. Данилович [и др.] // *Природные ресурсы*. – 2017. – № 2. – С. 5–12.

THE CURRENT CHANGES AND HYDROCLIMATIC PROJECTIONS IN THE PRIPYAT' RIVER BASIN

DANILOVICH I., KVACH A., POLIKSHA D.

The study presents the assessment of the current and future changes in hydrological regime of the Polesje region. The most significant changes are intra-annual redistribution of the runoff, shift of the hydrological cycle dates, and the repeatability of the natural hazards on the rivers in the Pripyat' river basin. The hydrological projections show the decrease of the mean streamflow in the left part of the river basin and streamflow increase in the right part by 2050 under RCP2.6 scenario. The streamflow is expected to rise over entire the Pripyat' river basin under RCP4.5 and RCP 8.5 scenario.

УДК 556.5/476/

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ ПУТЕЙ ПРИПЯТИ И ЗАПАДНОГО БУГА

Л. А. Лисовский

Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина, г. Мозырь, Республика Беларусь

Рассматриваются вопросы появления первобытных людей на Полесье, заселения территорий бассейна Припяти и Западного Буга. Выделяются исторические события строительства и использования Днепровско-Бугского, Огинского и Микашевичского каналов, современное значение перевозки грузов и пассажиров водным транспортом и перспективы дальнейшего развития Днепровско-Бугского канала.

С древнейших времен территорию Припяти и Западного Буга заселяли дреговичи, жившие между бассейном Припяти и Западной Двины. В конце верхнего палеолита (12–9 тыс. до н.э.) было масштабное заселение людьми южной и юго-восточной части Беларуси. Их названия происходят от слова «дрыгва» – болото, среди которого они и жили. В то время Белорусское Полесье представляло болотистую, почти пустую местность. Для первобытных людей огромное значение имела не только охота, но и рыболовство. Водные пути широко использовались для сообщения и перевозки различных товаров. Самыми древними стоянками первобытного человека, открытыми археологами Беларуси, являются стоянки около населенных пунктов Бердыж (Чечерский р-н) на р. Сож и Юровичи (Калинковичский р-н) на р. Припять. Они существовали 26–22 тыс. лет назад [1, с. 27].

С VIII ст. происходит зарождение городов, которые образовывались в основном на берегах рек, – Туров (980), Брест (1019), Мозырь (1155), Пинск (1097), позже Петриков, Наровля и др. На севере Беларуси было Полоцкое княжество, на юге – Туровское. В XIII ст. Великое Княжество Литовское занимало территорию от Балтийского до Черного моря. В 1569 г. ВКЛ и Королевство Польское объединились в одно государство – Речь Посполитую.

Впервые идея строительства судоходного канала, соединяющего бассейны Припяти и Буга, была озвучена на сейме в 1655 г. коронным канцлером Речи Посполитой Юрием Оссолинским. Технический проект разработал королевский топограф Ф. Чаки в 1766 г. В 1770 г. проект был представлен королю Станиславу Августу Понятовскому, а работы по сооружению канала начались в 1775 г. Весной 1784 г. по инициативе Матеуша Бутримовича караван из 10 судов «шугалеев», груженых копченой рыбой, грибами, медом, воском и другими местными товарами, впервые отправился по каналу из Пинска в Варшаву и далее в Гданьск, где вызвал немалое удивление и интерес у местных жителей. По этому поводу даже была отчеканена серебряная памятная медаль.

Водораздел Днепровско-Бугского канала находится у д. Селище, там, где в него впадает Белоозерский канал, по которому поступает вода из украинской части бассейна Припяти через озера Волянское и Белое. В этом месте течение Днепровско-Бугского канала меняет свое направление [2, с. 25]. В 1788 г. случилась малоснежная зима и засушливое лето – канал из-за низкой воды

не использовался. Грянувший кризис и раздел Речи Посполитой фактически погубили строительство канала, которое возобновили только в 1837 г. уже российские власти. В 1815 г. по каналу через Брест-Литовск в обоих направлениях прошли 417 плотов и суден, в 1816 г. – 471, 1817 г. – 1597, 1818 г. – 709. В 1837 г. российские власти взялись за восстановление канала. Основные работы осуществлялись с 1846 по 1848 г. Засуха 1846 г. указала на то, что для поддержания судоходства необходимы дополнительные 13 разборных плотин. В 1849 г. на р. Буг, ниже крепости, была построена большая разборная плотина для удержания воды в р. Мухавец. К 1867 г. от Пинска до Бреста эксплуатировались 22 разборные плотины. Для подъема уровня воды и улучшения условий судоходства было построено три водопроводных канала: Белоозерский, Ореховский и Турский. Общая длина водного пути составила 196 км, а длина искусственного канала от Кобрина до д. Дубой на р. Пина – 110 км.

К концу XIX в. на Днепровско-Бугский канал приходилось 80 % плотов, прошедших через Буг в Вислу. Главной перевалочной базой был г. Пинск, через который в 1900 г. прошло 12,7 млн пудов различных товаров [3].

В 1919 г. территория канала вновь оказалась в составе второй Речи Посполитой. Польские власти, осознавая значимость канала, начали его планомерную реконструкцию. С 1929 по 1939 г. реконструированы два ближайших к Пинску шлюза (Дубой и Переруб), сооружения Белоозерской водной системы и построено 7 км канала по новой трассе Кобрин – Выгода.

В 1939 г. в ходе операции по разделу Польши канал оказался на территории СССР. Советское правительство отвело каналу еще большую роль. Восстановление Днепровско-Бугского водного пути поручено Народному комиссариату речного флота СССР. За 7 месяцев (с декабря 1939 по июль 1940 г.) проведено проектирование и основное строительство 8 гидроузлов. Были закончены работы по трассе Кобрин – Выгода, сократившей путь на 12 км. В августе 1940 г. судоходство по каналу возобновили. В июне 1941 г. канал был захвачен частями Вермахта. Немцы также начали активно его эксплуатировать. В феврале–марте 1943 г. диверсионные группы отрядов им. Лазо, им. Кутузова и им. Суворова, бригады им. Молотова взорвали Овзичский, Ляховичский, Рагодащанский, а в мае – Дубойский и Перерубский шлюзы, а так-

же Родостовский шлюз на Белоозерском канале. Уровень воды понизился до 30–60 см, и участок в 120 км от Кобрина до Пинска стал несудоходным. В результате операции 129 судов, которые были переброшены немцами с Днепра, остались в пинском порту и были захвачены Днепровской военной флотилией в июле 1944 г. [2].

После освобождения Беларуси началось активное восстановление канала. Основные ремонтные работы проходили с сентября 1944 по июль 1945 г. Уже в 1945 г. судоходство частично восстановили.

В годы существования СССР основной объем перевозок по каналу приходился на каменный уголь и железную руду с криворожских месторождений. После объединения Германии немецкие металлурги переориентировались на руду, добываемую в Западной Германии, и грузооборот по каналу практически прекратился [4].

Согласно Европейскому соглашению о важнейших внутренних водных путях международного значения от 19 января 1996 г. канал является частью магистрального Днепровско-Вислянского водного пути Е-40 (Гданьск – Варшава – Брест – Пинск – Мозырь – Киев – Херсон). С помощью канала теоретически возможна водная связь бассейнов Балтийского и Черного морей. Тем не менее сквозное судоходство по этому водному пути пока невозможно из-за того, что участок от Бреста до Варшавы по р. Западный Буг не судоходен, а также из-за того, что р. Мухавец перегорожена в Бресте глухой плотиной. Вопрос восстановления этого участка рассматривался еще в начале 1990-х гг., но так и не решен. Открытие этого участка и выход в Западную Европу позволил бы развить как грузоперевозки, так и туристические маршруты [5, с. 391].

Немаловажное значение в транспортной системе Белорусского Полесья имеют внутренние водные пути. Судоходство осуществляется по Днепровско-Бугскому водному пути: по р. Припять, притоку Днепра, от устья до Пинска (512 км) и далее по Днепровско-Бугскому каналу от Пинска до Бреста (196 км) [6, с. 165–166].

В общем этот путь был всегда нужен любым политическим режимам и государственным новообразованиям в регионе. В советские годы грузооборот по этой артерии достигал 2 млн т в год, а в 1991 г. и вовсе был поставлен рекорд в 7 млн т. Сегодня канал используется лишь частично.

В 1978 г. построен канал Микашевичи – Припять, который соединил р. Припять и порт Микашевичи для перевозки магматических горных пород ПО «Гранит», длиной всего 7 км.

Канал Огинского, Днепровско-Неманский канал, построенный в 1767–1783 гг., соединяет реки Ясельда (бассейн Припяти) и Щара (бассейн Немана), объединяя таким образом Балтийское море с Черным. Частью канала являются озера Выгонощанское и Вульковское. Длина канала около 55 км (в том числе 5 км по озеру Выгонощанское). Озеро Выгонощанское соединено с рекой Щара 2,5-километровым проколом. На канале было 2 пристани – Телеханы и Огинская. Первоначально на-

зывался Телеханский канал. Канал назван в честь Михаила Казимира Огинского, инициатора строительства [7, с. 524].

Канал был сдан в эксплуатацию в 1783 г. В XIX в. пароходы курсировали ежедневно по следующим маршрутам: Пинск – Телеханы и Пинск – Слоним (раз в два дня). Кроме того, судоходство по Ясельде и Огинскому каналу до Выгонощанского озера осуществлялось конной и людской тягой. Благодаря каналу начался активный рост прилегающих деревень и селений.

Канал сильно пострадал в Первую мировую войну. Все гидротехнические сооружения были взорваны и сожжены. После присоединения Западной Белоруссии к Польше польские власти активно взялись за обновление водной артерии. Канал был быстро восстановлен, модернизирован (в 1926, 1928 гг.) и до 1939 г. успешно эксплуатировался. Напротив д. Гортоль через него был переброшен металлический мост, который при прохождении парохода разводился. В основном канал использовался для лесосплава, но ходили здесь в обе стороны и пассажирские суда с паровыми двигателями. С 1939 по 1941 г. канал лишь для лесосплава и эпизодически – для судоходства. В 1942 г. в результате боя между советскими партизанами и немецкими войсками навигационная система канала была разрушена и больше не восстанавливалась. После войны планировалось восстановление водной системы (в качестве кратчайшего пути из Каспийского и Черного морей – в Балтийское) с присвоением статуса, как тогда говорили, «объекта союзного значения», но этим планам не суждено было осуществиться. Окончательно канал пришел в негодность в 1960-е гг., когда были взорваны оставшиеся шлюзы и плотины.

В 2003 г. Правительством Республики Беларусь была принята программа развития речных и морских перевозок до 2010 г., предусматривающая реконструкцию судоходных шлюзов Днепровско-Бугского канала под класс 5-а европейских водных путей международного значения (соединяет реки Днепр и Буг через реки Припять, Пина и Мухавец). С этого времени были реконструированы 4 водопропускные плотины и 1 судоходный шлюз, позволяющий пропускать составы длиной 110 м, шириной 12 м и осадкой судов 2,2 м. В 2005 г. в Республике Беларусь был подготовлен и представлен на рассмотрение польской стороне проект соглашения между правительствами Республики Беларусь и Республики Польша о судоходстве по внутренним водным путям. К такому решению, как сообщила пресс-секретарь Минтранса Беларуси, пришли участники заседания Белорусско-Польской рабочей группы по вопросу восстановления водно-транспортного соединения Днепр – Висла – Одер, которое прошло в 2005 г. в Бресте.

В европейских странах водный транспорт является наиболее востребованным средством перевозки грузов и пассажиров, занимая в общих транспортных перевозках значительную долю (в зависимости

от периода использования, протяженности, глубины и обустроенности главных водных объектов): в Германии и Бельгии – 13–14 %, в Нидерландах – до 44,2 %, в Венгрии и Австрии – 5–6 %, Люксембурге – 7,5 %, в целом по ЕС – более 6,5 %.

Авторы статьи «Новый судоходный водный путь между Республикой Беларусь и Российской Федерацией по направлению рек Припять – Днепр – Угра – Ока (Окско-Припятского водного пути)» П. С. Лопух и Ю. А. Гледко отмечают, что возможна организация водно-транспортного соединения рек Припять – Днепр – Угра – Ока общей протяженностью около 1 тыс. км [8, с. 47–53].

ЛИТЕРАТУРА

1. Памяць : Гіст.-дакум. хроніка Нараўлянскага р-на. – Мінск : БЕЛТА, 1998. – 448 с.
2. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. – СПб., 1893. – Т. ХА(20). – С. 792–808.
3. Географический энциклопедический словарь: географические названия / под ред. А. Ф. Трешникова. – 2-е изд., доп. – М. : Сов. энцикл., 1989. – 592 с.
4. Доўнар. Каралеўскі канал // Вялікае княства Літоўскае : энцыкл. : у 2 т. / пад рэд. Г. П. Пашкова [і інш.]. – 2-е выд. – Мінск, 2007. – Т. 2.
5. Белорусское Полесье: проблемы развития и размещения производительных сил / [И. И. Трухан и др.]; под ред. С. И. Сидора. – Минск : Из-во БГУ, 1983. – С. 175.
6. Республика Беларусь : энцикл. : в 6 т. / редкол.: Г. П. Пашков [и др.]. – Минск : БелЭн, 2006. – Т. 3.
7. Республика Беларусь : энцикл. : в 6 т. / редкол.: Г. П. Пашков [и др.]. – Минск : БелЭн, 2007. – Т. 5.
8. Лопух, П. С. Новый судоходный водный путь между Республикой Беларусь и Российской Федерацией по направлению рек Припять – Днепр – Угра – Ока (Окско-Припятского водного пути) / П. С. Лопух, Ю. А. Гледко // География. – 2020. – № 1. – С. 47–53.

THE HISTORY AND PRESENT OF THE USE OF WATERWAYS OF THE PRIPYAT BASIN AND THE WESTERN BUG LISOVSKY L.

Reviewed issues of construction and operation of the Dnieper-Bug, Oginsky and Mikashevichy canals. Also presented are materials on modern navigation on the Pripyat River and the sediment of the waterway from the Oka Basin (Russia) along the Dnieper to Pripyat.

УДК 551.582.2

ОЦЕНКИ УВЛАЖНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ЗА 1989–2018 гг.

В. И. Мельник¹, И. В. Буяков¹, Н. Г. Пискунович¹, Т. Г. Шумская²

¹Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрены изменения климата Белорусского Полесья в современный период. Отмечены негативные последствия засушливых условий в 2014–2015 гг. на территории Гомельской и Брестской областей. Дана оценка увлажнения территории Белорусского Полесья по ГТК Селянинова за различные периоды времени. Показана динамика изменения влагозапасов почв за период потепления.

Введение

В условиях современного изменения климата проблема засух и засушливых явлений в Республике Беларусь весьма актуальна и требует принятия действенных мер к адаптации и смягчению ее последствий. Особенно это касается территории Белорусского Полесья, где негативные последствия изменения климата (высокие температуры воздуха, увеличение повторяемости волн тепла, засух и др.) проявляются в большей мере. Отрицательное влияние засух на растениеводческую отрасль во многом обусловлено преобладанием в структуре сельскохозяйственных земель региона легких песчаных и рыхлых супесчаных (66,7 %) и осушенных торфяных (12,5 %) почв, наиболее чувствительных к погодным условиям и климатическим изменениям.

Цель работы – оценить изменения основных климатических характеристик температуры воздуха и осадков на территории Белорусского Полесья за 1989–2018 гг., а также условия увлажнения территории регионов Полесья за летние месяцы с использованием ГТК Селянинова. Дать оценку изменениям запасов влаги в почвах сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья за период потепления (1989–2018 гг.).

Методика и объекты исследования

Исследования современных климатических характеристик Полесского региона базировались на материалах Государственного климатического кадастра, включающего данные инструментальных наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь. Для оценки увлажнения территории Белорусского Полесья использованы среднемесячные, годовые значения температуры воздуха, осадков, на основе которых были рассчитаны значения ГТК Селянинова за летние месяцы и за период активной вегетации с суммами температур выше 10 °С, а также запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см по данным инструментальных наблюдений на постоянных полевых участках на гидрометеорологических станциях Брестской и Гомельской областей.

Результаты и их обсуждение

Современные изменения климата Белорусского Полесья. В Полесском регионе, как и в целом на территории Беларуси, с конца 1980-х гг. отмечаются изменения климата, особенностью которых, начиная с 1989 г., является высокая повторяемость теп-

лых зим, раннее наступление весенних процессов, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, незначительное повышение (в среднем на 3–4 %) годового количества осадков, увеличение повторяемости засух, волн тепла, высоких температур воздуха и др. [1]. Среднегодовая температура воздуха на территории Беларуси за последние 30 лет выросла на 1,3 °С, в Гомельской области – на 1,4 °С. В последние годы отмечается наибольшее повышение температуры воздуха в теплое время года. Последние исследования показали рост температуры воздуха в весенний и летний период за 2009–2018 гг. по сравнению с предыдущим десятилетием по всем областям [2]. В Гомельской области самые высокие средние температуры за весенний (8,8 °С) и летний периоды (19,5 °С) за указанное десятилетие. Для сравнения, в Брестской области средняя температура в последнем десятилетии составила весной 8,6 °С, летом – 18,9 °С (рисунок 1).

В рассматриваемый период на территории Полесского региона отмечена значительная экстремальность выпадения осадков, увеличение повторяемости атмосферных и почвенных засух. В целом в Полесском регионе наблюдается незначительное (на 3–4 %) повышение годового количества осадков за 1989–2018 гг. по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.) [2]. Увеличение количества осадков в восточной части Полесья (Гомельская область) по сравнению с западной (Брестская область) вызвано изменениями атмосферной циркуляции, а также большими площадями леса [3].

В Беларуси засушливые условия 2014–2015 гг. наиболее сильно отразились на влагообеспеченности Брестской и Гомельской областей. Среднегодовое количество осадков в 2014 и 2015 гг. здесь было на 18 и 21 % ниже нормы. Таких низких годовых значений количества осадков не наблюдалось с 1950–1960-х гг. (рисунок 2).

Для Полесья уменьшение осадков в 2014–2015 гг. имело негативные последствия: резко ухудшилась влагообеспеченность почв и условия произрастания сельскохозяйственных культур, произошло быстрое снижение уровней грунтовых вод. В наибольшей степени это проявилось на мелиорируемых землях, являющихся особенно требовательными к поддержанию оптимальных уровней грунтовых вод [4].

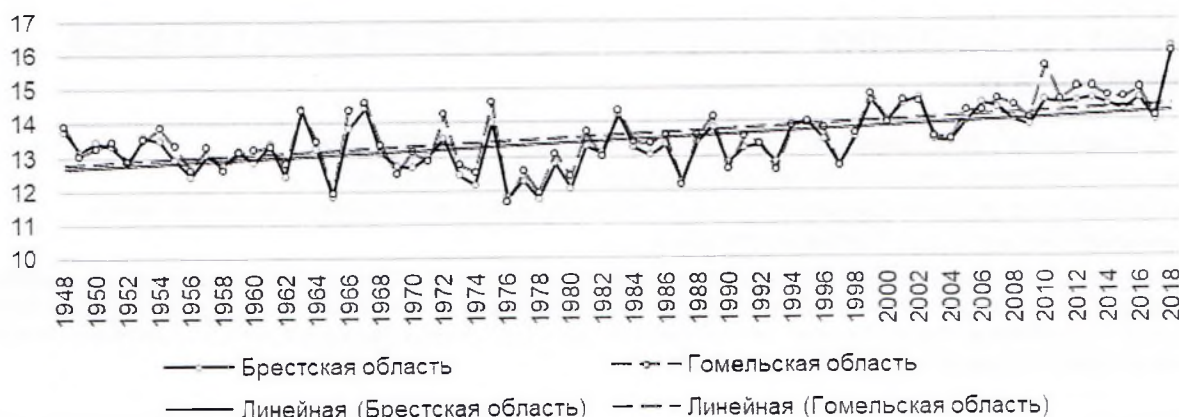


Рисунок 1. – Изменения температуры воздуха по Брестской и Гомельской областям (1948–2018 гг.) за теплый период (апрель–октябрь)



Рисунок 2. – Изменение годового количества осадков за 1948–2017 гг. по Брестской и Гомельской областям

Оценки увлажнения территории с помощью различных критериев. В данной работе для оценки увлажнения территории, наряду с количеством осадков, использовался гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) и запасы продуктивной влаги в почве.

Справочно. Гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянину (ГТК) – это отношение суммы осадков за определенный период к сумме температур воздуха выше 10 °С за тот же период, уменьшенной в 10 раз. По ГТК характеризуют следующие условия увлажнения территории: больше 1,6 – влажные, от 1,6 до 1,3 – оптимальные, от 1,3 до 1,0 – слабозасушливые, от 1,0 до 0,7 – засушливые, от 0,7 до 0,4 – очень засушливые, от 0,4 до 0,2 – сухие, от 0,2 и меньше – очень сухие.

Оценка увлажнения территории Гомельской и Брестской областей по коэффициенту увлажнения ГТК в целом за период активной вегетации с суммами температур выше 10 °С и месяцам летнего времени показала, что на большинстве станций наблюдается уменьшение ГТК за период потепления (1989–2018 гг.) по сравнению с 1948–1988 гг. и 1977–1988 гг. за время активной вегетации с суммами температур выше 10 °С. Следует отметить более высокие значения ГТК по территории Гомельской области за период потепления по сравнению с Брестской областью (таблица).

Таблица. – Значения гидротермического коэффициента Селянинова по метеостанциям Белорусского Полесья в различные периоды

Станция	Июнь	Июль	Август	За период с температурой выше 10 °С
Брест	1,5/1,2	1,4/1,3	1,3/1,1	1,3*/1,2
Ганцевичи	1,7/1,5	1,4/1,7	1,5/1,1	1,4**/1,4
Ивацевичи	1,6/1,2	1,4/1,6	1,3/1,0	1,4**/1,2
Пинск	1,2/1,3	1,3/1,5	1,3/1,0	1,3*/1,2
Полесская	1,7/1,5	1,4/1,5	1,3/1,0	1,4**/1,2
Брагин	1,3/1,2	1,4/1,1	1,1/1,0	1,1**/1,1
Василевичи	1,4/1,3	1,3/1,6	1,0/1,2	1,3*/1,3
Гомель	1,4/1,3	1,4/1,5	1,2/0,9	1,3*/1,2
Житковичи	1,5/1,4	1,4/2,0	1,6/1,2	1,4*/1,4
Лельчицы	1,6/1,6	1,4/1,8	1,4/1,2	1,4**/1,4
Мозырь	1,6/1,3	1,5/1,7	1,4/1,0	1,3**/1,3
Октябрь	1,6/1,3	1,5/1,7	1,6/1,0	1,4**/1,3

Примечание. В поле таблицы по месяцам первое значение ГТК за 1958–1988 гг., второе значение – за 1989–2018 гг., по станции Лельчицы – за 1989–2013 гг. За период с температурой выше 10 °С первое значение ГТК за 1948–1980* гг., и 1977–1988** гг.; второе значение – за 1989–2018 гг., по станции Лельчицы – за 1989–2013 гг.

В июне уменьшение ГТК наблюдается на большинстве станций Полесского региона, которое вызвано снижением количества осадков по сравнению



Рисунок 3. – Изменение средних запасов продуктивной влаги (мм) в слое 0–20 см по Брестской и Гомельской областям (май–август) за период потепления (1989–2018 гг.)

с климатической нормой за счет изменения атмосферной циркуляции. В июле практически на всех станциях Гомельской и Брестской областей (кроме Брест, Брагин) отмечен рост ГТК из-за увеличения конвективных осадков. В августе в связи с повышением температуры и существенным уменьшением осадков на всех станциях – заметное снижение ГТК. Следует сказать, что на ряде станций в августе средние значения ГТК составляли 0,9–1,0, что характеризует условия увлажнения территории как засушливые.

В большинстве случаев уменьшение ГТК за период потепления вызвано в первую очередь ростом температуры воздуха и, несмотря на увеличение осадков, в целом говорит о повышении засушливости территории в вегетационный период или по отдельным месяцам.

Оценка влагозапасов почв. Как известно, на величину влагозапасов оказывает влияние ряд факторов (температура и количество выпадающих осадков, уровни грунтовых вод, механический состав почв, местоположение участка и др.). На территории Белорусского Полесья за период потепления наблюдается тенденция снижения влагозапасов в верхнем слое почвы (рисунок 3).

Несмотря на большее количество осадков, в Гомельской области, начиная с 2000-х гг., запасы влаги меньше, чем в Брестской области. Запасы влаги в 2015–2016 гг. вследствие высоких температур воздуха и недостаточного количества осадков оказались рекордно низкими за весь период потепления. За время потепления повторяемость почвенных засух (начало засухи хотя бы в одном районе) в целом по Гомельской области составляет в мае 70 %, в августе 92–95 %, по Брестской области – соответственно 58 и 78 %. Наибольшая повторяемость засух в Гомельской области отмечается на станциях с песчаными и рыхлыми супесчаными почвами, подстилаемых песками: Гомель, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Брест, Полесская, Пружаны. Наименьшая повторяемость – на станциях Житковичи и Пинск. За период потепления начало почвенной засухи в отдельные годы наблю-

дается уже в третьей декаде апреля на станциях Брест (1993 г.), Лельчицы (2009 г.), Мозырь (1993 г.), Полесская (1999, 2007 гг.), а на станции Полесская – и во второй декаде апреля (1994 г.).

В сложившихся условиях назрела необходимость разработки научно обоснованных рекомендаций по возделыванию сельскохозяйственных культур на наиболее уязвимых к засухе почвах Белорусского Полесья.

Выводы

1. В Белорусском Полесье в условиях современного изменения климата (1989–2018 гг.) наблюдается уменьшение (ГТК) за период с суммами температур выше 10 °С. Значения ГТК в Гомельской области больше, чем в Брестской.

2. В июне уменьшение ГТК отмечено на большинстве станций Гомельской и Брестской областей; в августе в связи с увеличением температуры и существенным уменьшением осадков за период потепления на большинстве станций значения ГТК составляют 0,9–1,0, что характеризует условия увлажнения территории как засушливые; в июле практически на всех станциях Гомельской и Брестской областей (кроме Брест, Брагин) наблюдается рост ГТК, вызванный увеличением конвективных осадков.

3. За период потепления отмечена тенденция снижения запасов влаги в верхнем слое почвы в большинстве регионов Белорусского Полесья, особенно в Гомельской области.

4. Необходима разработка научно обоснованных рекомендаций по возделыванию сельскохозяйственных культур на наиболее уязвимых к засухе почвах Белорусского Полесья.

ЛИТЕРАТУРА

- Мельник, В. И. Современные изменения климата на мелиорированных торфяных почвах Белорусского Полесья / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская, С. М. Кравцова // Природное асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац VIII Міжнар. навук. канф. «Природное асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты ра-

- цянальнага рэсурсакарыстання», Брэст, 12–14 верас. 2018 г. / Палес. аграр.-экал. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал.рэд.) [і інш.]. – Брэст, 2018. – Вып. 11. – С. 74–77.
2. Мельник, В. И. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь / В. И. Мельник // Фитосанитарная ситуация в Беларуси в условиях изменения климата / Ин-т защиты растений ; под ред. С. В. Сороки, Е. А. Якимович. – Минск, 2019. – С. 5–13.
 3. Логинов, В. Ф. Особенности изменения осадков в Белорусском Полесье в современный период / В. Ф. Логинов, В. И. Мельник // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 108–116.
 4. Логинов, В. Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – Минск : Энциклопедикс, 2020. – С. 94–99.

ESTIMATION OF HUMIDIFICATION OF THE TERRITORY OF BELARUSIAN POLESYA FOR 1989–2018
MELNIK V., BUYAKOV I., PISKUNOVICH N., SHUMSKAYA T.

The assessment of climate change in Belarusian Polesie in the modern period is carried out. The negative consequences of dry conditions in 2014–2015 on the territory of the Gomel and Brest regions were noted. The estimation of the moisture content of the territory of the Belarusian Polesie according to the Hydrothermal Coefficient Selyaninova for various periods of time is given. The dynamics of changes in soil moisture reserves during the warming period is shown.

УДК 551.5:502

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ (НА ПРИМЕРЕ КИВЕРЦОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЦУМАНСКАЯ ПУЩА»)

И. М. Мерленко¹, В. В. Федонюк¹, Н. А. Федонюк¹, Н. О. Мерленко², А. М. Шворак³

¹Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина

²Киверцовский национальный природный парк «Цуманская пуца», г. Киверцы, Украина

³Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, г. Луцк, Украина

Рассматриваются основные тенденции изменений метеорологических условий на территории Киверцовского национального природного парка «Цуманская пуца». Показаны отклонения значений количества осадков и среднесуточных температур воздуха в 2019 г. Установлена тесная связь между потеплением и началом фенологических фаз вегетации растений.

Введение

Природные условия ведения лесного и сельскохозяйственного производства существенно зависят от климата – одного из ведущих факторов почвообразования, урожайности сельскохозяйственных культур, нормального роста и развития флоры. Еще полвека назад ученые отмечали, что изменение климата, а именно повышение температуры воздуха, изменение и перераспределение осадков, влияет на жизнедеятельность растений [1].

Цель работы – проанализировать изменения климатических факторов и их возможное влияние на вегетацию некоторых растений на территории Киверцовского национального природного парка «Цуманская пуца».

Методика и объекты исследования

Для исследования и изучения теоретических аспектов данной проблематики была проанализирована научная литература по агрометеорологии и климатологии; проведена статистическая обработка числовых рядов основных метеорологических показателей по данным архивов и метеорологических сайтов meteo.gov.ua и [gr5](http://gr5.gov.ua).

При изучении климатических особенностей применяли математический, статистический, сравнительный и графический методы исследования.

Объекты исследования – климатические показатели количества выпавших осадков, среднесуточных, минимальных и максимальных температур воздуха, а также динамика фенологических фаз вегетации растений.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены обобщенные основные среднемесячные метеорологические показатели: температура воздуха (среднесуточная, максимальная и минимальная), относительная влажность воздуха в %, давление в мм рт. ст., осадки в мм на территории КНПП «Цуманская пуца».

В 2019 г. зафиксирован 181 день пасмурной погоды и 107 – облачной. Определено, что среди осадков было 105 дней с дождем, 29 со снегом и 12 дней с грозой.

На рисунке 1 представлена сравнительная характеристика показателей средних температур воздуха сезонных многолетних [2] и за 2019 г. Установлено, что по всем сезонам среднемесячные показатели за 2019 г. гораздо выше многолетних.

Разница составляет 2,9 °С. Это подтверждает общую тенденцию глобального потепления.

На рисунке 2 отражена сравнительная характеристика показателей количества осадков сезонных многолетних и за 2019 г.

В 2019 г. выросло количество осадков в теплое время года, что приводит к уменьшению запасов продуктивной влаги в почве и увеличению испарения. В течение года выпало 538 мм осадков при норме – 683 мм.

С точки зрения вегетации – весна очень важный показатель. Устойчивый переход максимальных температур выше 0 °С отличился очень рано – 29 января. Это и было началом весны. Продолжительность весеннего периода 75 дней с 29.01. по 14.05.2019 г. В течение сезона наблюдались колебания среднесуточных температур в пределах –5,4 – +19,0 °С. Максимальная температура +26,9 °С (26.04.2019 г.), минимальная –9,5 °С (23.02.2019 г.).

Суммарное количество осадков в весенний период составило 119 мм. Всего в мае выпало очень большое количество осадков – 102 мм при многолетней норме в 58 мм. Зафиксировано несколько ночных заморозков – 13.03; 23.03; 03.04; 04.04 и последний – 20.04 (–0,6 °С).

Следует отметить, что природная зима в 2019/2020 году не наступила, поэтому осень продолжалась до весны 2020 г. Ранняя весна обусловила раннюю вегетацию растений и более ранний прилет большинства птиц.

В соответствии с программой Летописи природы одним из направлений научной деятельности Киверцовского национального природного парка «Цуманская пуца» является ведение фенологических наблюдений за типичными и редкими видами растений и календаря природы.

Во время наблюдений за травянистыми растениями фиксируются следующие фенофазы: начало вегетации растений, распускания листьев, цветение, созревание семян и плодов, пожелтение и опадание листьев, конец вегетации и отмирание. Результаты исследования освещены в таблице 2.

Отметим, что в из-за достаточно сильного потепления практически все растения раньше вступили в фенологические фазы, связанные с цветением и плодоношением.

Таблица 1. – Среднемесячные метеорологические показатели (2019 г., ст. Ровно)

Месяц	T _{ср} , °C	T _{мин} , °C	T _{макс} , °C	Влажность, %	Давление, мм рт. ст.	Осадки, мм
I	-4,8	-17,3	3,6	90,0	748,4	30,9
II	0,9	-9,5	11,3	84,0	755,9	13,5
III	4,3	-7,5	18,7	71,0	750,8	48,8
IV	9,6	-3,8	26,9	55,0	754,0	34,5
V	14,5	1,4	26,2	80,0	748,5	102,3
VI	21,7	8	32,6	69,3	752,9	47,6
VII	18,4	6,8	33,9	69,6	748,6	83,5
VIII	19,7	8,3	32,5	69,3	752,8	74,5
IX	14,7	-1,4	30,9	69,6	753,2	40,1
X	10,4	-4,3	25,0	78,0	753,0	9,9
XI	5,7	-5,2	17,2	88,4	751,6	28,6
XII	2,2	-4,7	13,4	87,4	751,0	23,6
За 2019 г.	9,8	-17,3	33,9	76,0	751,7	537,8

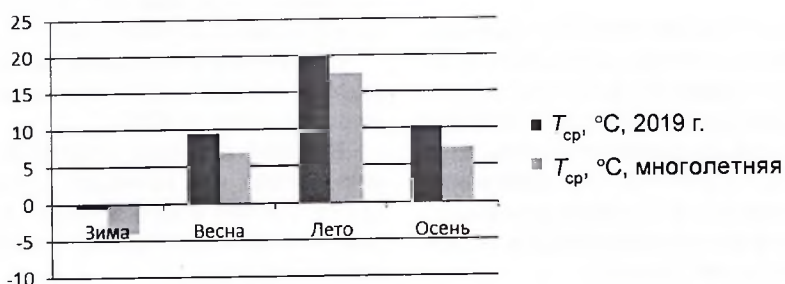


Рисунок 1. – Распределение показателей средней температуры воздуха по временам года

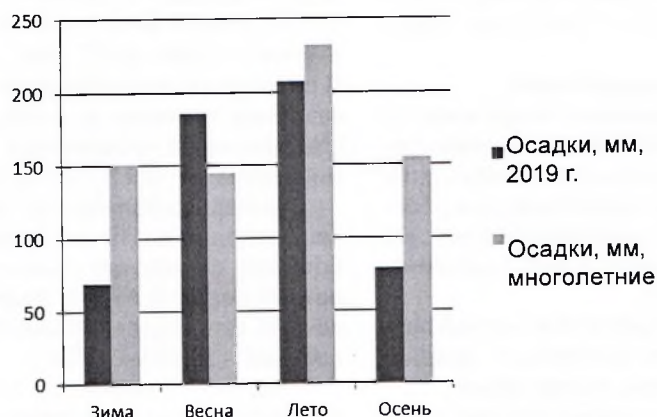


Рисунок 2. – Распределение осадков по временам года (ст. Ровно)

Таблица 2. – Календарь природы 2018–2019 гг.

Фенологические фазы	Год			
	2016	2017	2018	2019
Начало вегетации – Подснежник белоснежный (<i>Galánthus nivális</i>)	01.03	05.03	03.03	22.02
Начало цветения – Подснежник белоснежный (<i>Galánthus nivális</i>)	14.03	17.03	16.03	05.03
Начало цветения – Печеночница обыкновенная (<i>Hepatica nobilis</i>)	02.04	05.04	07.04	26.03
Массовое цветение – Подснежник белоснежный (<i>Galánthus nivális</i>)	18.03	22.03	15.03	10.03
Массовое цветение – Печеночница обыкновенная (<i>Hepatica nobilis</i>)	09.04	12.04	15.04	03.04
Начало цветения – Ветреница дубравная (<i>Anemone nemorósa</i>)	01.04	03.04	30.03	27.03
Цветение – Хохлатка плотная (<i>Corýdalis sólida</i>)	04.04	07.04	03.04	29.03
Цветение – Зубянка железистая (<i>Dentaria glandulosa</i>)	05.04	09.04	06.04	02.04
Цветение – Сердечник луковичный (<i>Cardamine bulbifera</i>)	05.04	09.04	07.04	02.04
Начало вегетации – Лук медвёжий (<i>Allium ursinum</i>)	09.04	11.04	12.04	25.03
Массовое цветение – Ветреница дубравная (<i>Anemone nemorósa</i>)	11.04	09.04	15.04	01.04
Конец цветения – Подснежник белоснежный (<i>Galánthus nivális</i>)	10.04	01.04	12.04	03.04
Массовое цветение – Лук медвёжий (<i>Allium ursinum</i>)	23.04	22.04	27.04	08.04
Начало цветения – Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i>)	30.04	28.04	02.05	20.04
Конец цветения – Ветреница дубравная (<i>Anemone nemorósa</i>)	28.04	28.04	25.04	22.04
Начало цветения – Пальчатокоренник майский (<i>Dactylorhiza majalis</i>)	20.05	15.05	12.05	03.05

Выводы

Изменение температурного режима обусловило ускорение во времени роста и развития растений, в частности – первоцветов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилюк, В. С. Кліматичні особливості Західного Полісся УРСР / В. С. Гаврилюк // Географічний збірник. – К., 1960. – Вип. 3.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://collectedpapers.com.ua/nature-of-rivne-region/klimat-rivnensko%D1%97-oblasti>].

**CHANGES OF CLIMATE FACTORS IN POLISYA AREA (ON THE EXAMPLE OF THE KIVERTSI NATIONAL NATURAL PARK “TSUMANSKA PUSCHA”)
MERLENKO I., FEDONYUK V., FEDONYUK N., SHVORAK A., MERLENKO N.**

The article examines the main changes of meteorological conditions on the territory of the Kivertsi National Nature Park “Tsumanska Pushcha”. A close connection between warming and the beginning of phenological phases of plant vegetation has been established.

УДК 551.578

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕГЕ, ФОРМИРУЮЩИХ ВЕСЕННИЕ ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

О. П. Мешик, В. А. Морозова, М. В. Борушко

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

Представлены результаты исследований характеристик снежного покрова за репрезентативный период 1945–2019 гг. Чрезмерное количество или недостаток снега приводит к возникновению таких проблем для экономики страны, как выпревание озимых культур, обмерзание саженцев, снегозаносы на автомобильных и железных дорогах, деформации конструкций зданий и сооружений, весенние половодья на реках и др. Цель данного исследования – оценка пространственно-временной изменчивости характеристик снежного покрова на территории Белорусского Полесья.

Введение

Одной из значительных природных проблем в Белорусском Полесье является весеннее половодье рек. При этом могут быть затоплены огромные площади, включающие сельскохозяйственные угодья с озимыми культурами, застроенные территории и др. (например, пойма р. Припять может затопливаться более чем на 50 км).

По данным ООН, наводнения приносят 26 % всех жертв стихийных бедствий и 32 % всего материального ущерба, причиненного стихийными бедствиями [1]. Наводнения занимают первое место среди других природных опасностей с точки зрения их возникновения, масштаба и потери имущества.

Увеличение экономических потерь, вызванных наводнениями, является результатом роста интенсивности и частоты их возникновения. Это происходит потому, что в последнее время более широко эксплуатируются земли водосборных бассейнов, речных долин и равнин [2, 3]. Распространенной практикой стала интенсивная застройка и распашка пойм на фоне череды последних маловодных десятилетий. Экологические риски стали актуальнее.

Доля весеннего стока на реках Белорусского Полесья колеблется в пределах 40–60 % годового стока. Анализ среднего максимального стока весенних половодий показывает, что максимальный сток весенних половодий заметно снизился в конце XX в., так как количество оттепелей зимой возросло. Это приводит к увеличению зимнего стока и иногда зимних паводков с меньшим сбросом весной [4]. Такие тенденции описаны во многих исследованиях [5].

В то же время основным фактором, способствующим зимнему и весеннему половодью в Белорусском Полесье, остается снегонакопление. Именно поэтому необходимо исследовать особенности снежного покрова и их пространственно-временное распределение с целью прогнозирования возможного затопления сельскохозяйственных и жилых территорий [6]. В настоящее время для прогнозирования весенних половодий используется множество моделей и методов, включающих различные метеорологические параметры, самый важный из них – это запас воды в снеге [7].

Методика и объекты исследования

В исследовании мы используем официальные данные климатического мониторинга по 48 метеостанциям Республики Беларусь за 1945–2019 гг.,

охватывающие и территорию Белорусского Полесья. Данные характеризуют высоту снежного покрова, см; плотность снега, г/см³; запасы воды в снеге, мм.

Многие исследователи указывают на трудности в определении запасов воды в снеге на метеостанциях, поэтому они предлагают применять методы дистанционного зондирования земли [8, 9]. Однако сегодня в Беларуси мы можем вычислить запасы воды в снеге с достаточной точностью с помощью снегосъемок. Они проводятся один раз в декаду зимой. Применяемые нами методы исследования включают пространственно-временной анализ данных наблюдений, аналитические расчеты и картографирование.

Результаты и их обсуждение

Проведенное районирование территории Беларуси по максимальным запасам воды в снеге показывает их минимальные значения в Брестском Полесье с последующим увеличением в районе Житковичей, более 150 мм (рисунок 1).

Наибольшее количество снега выпадает на возвышенностях, вследствие чего здесь максимальные запасы воды в снеге. Однако условия залегания снежного покрова на склонах иные. При равнинном рельефе поверхностный сток замедлен, что приводит к значительным весенним разливам рек, которые мы отмечаем в Белорусском Полесье.

На большей части территории Беларуси отмечается тенденция к снижению запасов воды в снеге до 8–10 мм за 10 лет по отдельным районам. Однако для водосборов рек Западный Буг, Припять, Березина, Днепр наблюдается противоположная картина. На рисунке 2 представлена карта, отражающая трансформацию запасов воды в снеге с различными трендами.

Анализ межгодовой изменчивости характеристик снежного покрова указывает на проявление строгой периодичности в рядах запасов воды в снеге. Начиная с 1990-х гг. и по настоящее время происходит рост запасов воды в снеге на всех метеостанциях [10]. Однако аномальная зима 2019/20 года нарушает сложившуюся тенденцию.

Прогнозирование весеннего половодья на территории Беларуси мы осуществляем с помощью картографирования характеристик снежного покрова в реальные годы. При этом используются данные метеорологических станций совместно с результатами дистанционного зондирования земли. Построенные карты на начало половодья по

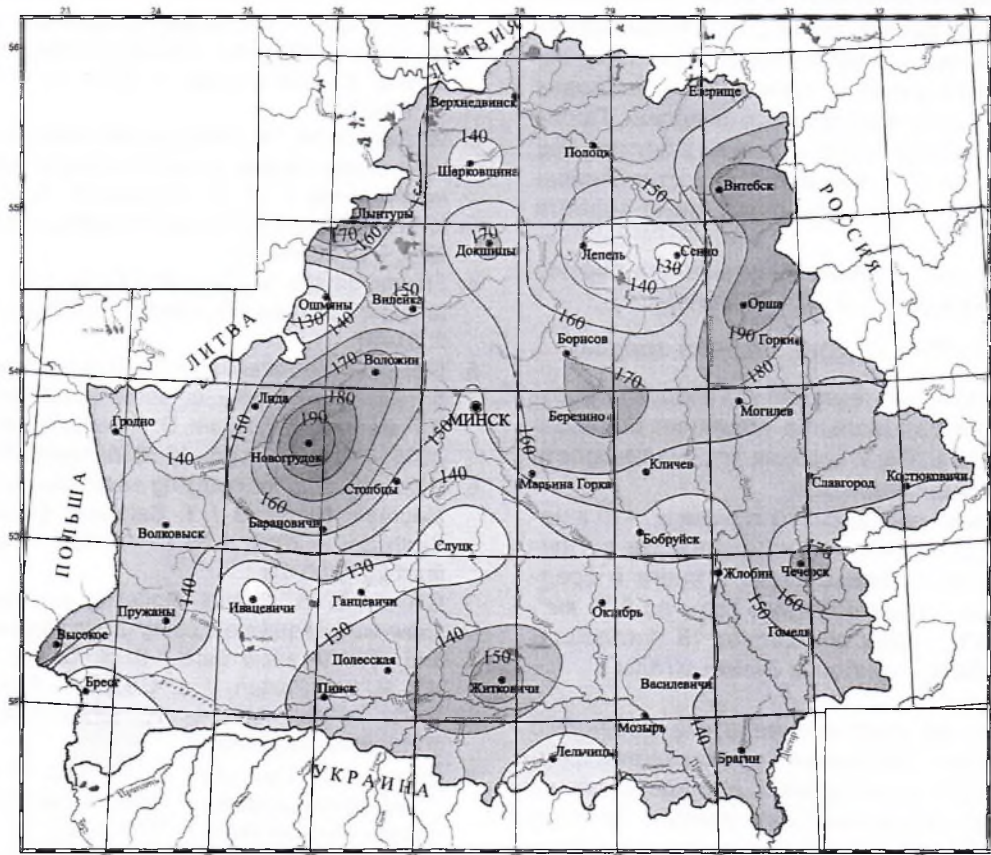


Рисунок 1. – Максимальные запасы воды в снеге на территории Беларуси, мм

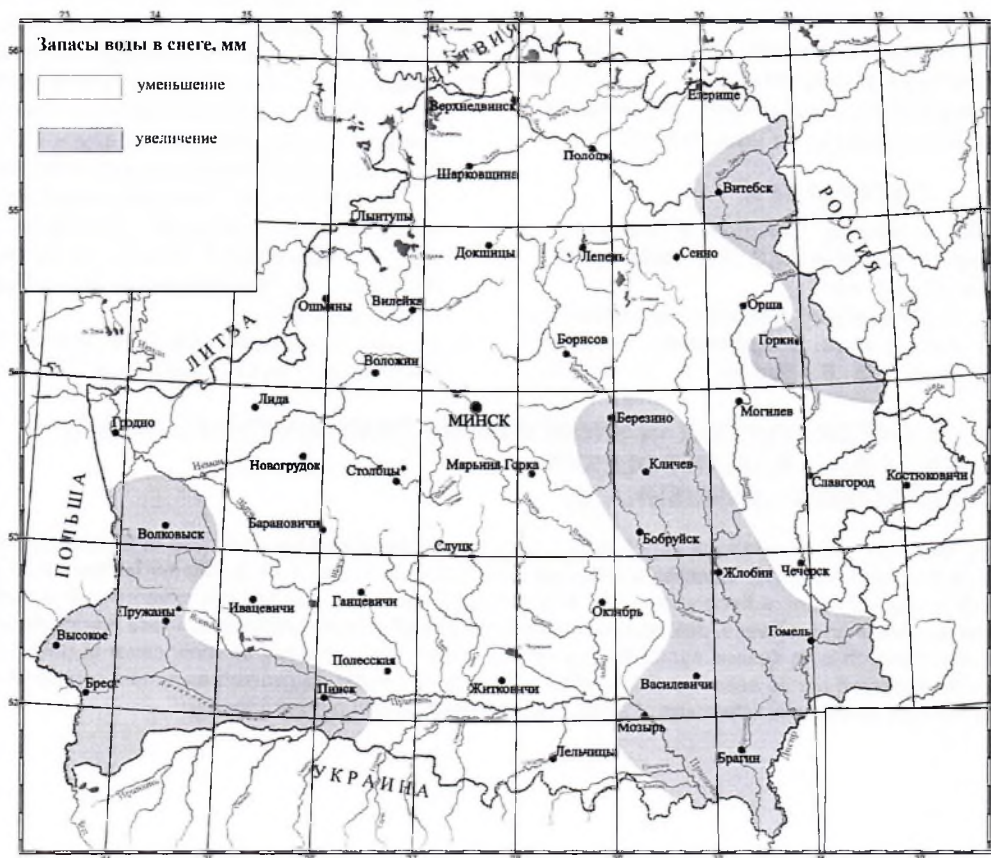


Рисунок 2. – Трансформация запасов воды в снеге на территории Беларуси

запасам воды и высоте снега дают возможность выделить районы, подверженные весеннему затоплению. Необходимо отметить, что половодья и наводнения часто чередуются с засухами. После 2013 г. в Белорусском Полесье засухи 5 лет подряд. Судорожное на р. Припять летом приостанавливается и некогда многоводную реку можно перейти вброд.

Количество растаявшего за сутки снега рассчитывается по формуле П. П. Кузьмина [11]:

$$m = 0,878(t + 1,75(e - 6,11))(1 + 0,547v), \text{ мм/день,}$$

где t – среднесуточная температура воздуха, °С; e – среднесуточное парциальное давление водяного пара на высоте 2 м, Па; v – среднесуточная скорость ветра на высоте флюгера, м/с.

Выполненные нами расчеты показали, что к началу весеннего снеготаяния на водосборе р. Припять формируются запасы воды в снеге в среднем 2,08 км³, а в экстремальные годы до 5,71 км³. Количество талой воды составляет 19 % годового стока и более 50 % в наиболее снежные годы.

Выводы

Установленное уменьшение стока весеннего половодья вовсе не исключает возможностей формирования крупных наводнений, а следовательно, и значительного экономического ущерба. Поэтому важно дальнейшее изучение максимальных расходов воды рек с целью прогнозирования и районирования территории по степени затопления поймы половодьем различной обеспеченности. Пойма должна подразделяться на зоны риска в соответствии с содержанием карты паводкоопасных районов. На этой основе должна разрабатываться стратегия и государственная программа защиты территорий / угодий и страхования рисков от наводнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Avakyan, A. B. Floods Concept of protection / A. B. Avakyan // Herald of RAS. Ser. Geographic. – 2000. – № 5. – P. 40–46.
2. Валуев, В. Е. Половодье рек Белорусского Полесья как аномальное современное климатическое явление / В. Е. Валуев, А. А. Волчек,

О. П. Мешик // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2 (86). – С. 109–117.

3. Истомина, М. Н. Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия наводнений / М. Н. Истомина, А. Г. Кочарян, И. П. Лебедева // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 4. – С. 389–398.
4. Floods on the territory of Polesie / A. A. Volchak [et al.] // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 162. – P. 91–97.
5. Barnett, T. P. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions / T. P. Barnett, J. C. Adam, D. P. Lettenmaier // Nature. – 2005. – 438:303. – doi: 10.1038/nature04141
6. A model setup for mapping snow conditions in High-Mountain Himalaya / T. Saloranta [et al.] // Front. Earth Sci. – 2019. – № 7. – P. 129. – doi: 10.3389/feart.2019.00129
7. Carroll, S. S. Spatial modeling and prediction of snow-water equivalent using ground-based, airborne, and satellite snow data / S. S. Carroll, T. R. Carroll, R. W. Poston // J. Geophys. Res. Atmos. – 1999. – Vol. 104. – P. 19623–19629. – doi: 10.1029/1999JD900093
8. Snow water equivalent of dry snow derived from GNSS carrier phases / P. Henkel [et al.] // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2018. – Vol. 56. – P. 3561–3572. – doi: 10.1109/TGRS.2018.2802494
9. Advances in snow hydrology using a combined approach of GNSS in situ stations, hydrological modelling and earth observation—a case study in Canada / F. Appel [et al.] // Geosciences. – 2019. – Vol. 9. – P. 44. – doi: 10.3390/geosciences9010044
10. Мешик, О. П. Особенности оценки запасов воды в снеге и их пространственно-временной изменчивости на территории Беларуси / О. П. Мешик, В. А. Морозова // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, 12–14 сент. 2019 г. / под ред. А. К. Карабанова [и др.]. – Брест, 2019. – Ч. 2. – С. 34–37.
11. Климат Беларуси / ред. В. Ф. Логинов. – Минск : Ин-т геолог. наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

ESTIMATION OF WATER CONTENT IN SNOW WHICH FORMS SPRING FLOODING ON THE RIVERS OF BELARUSIAN POLESYE MESHYK A., MAROZAVA V., BARUSHKA M.

The article presents the results of the research about snow cover characteristics observed in Belarusian Polesye within a representative period of 1945–2019. Excessive snow water happens to cause such problems for the country's economy as winter crops damping-off under a thick snowpack, frost-killing of seedlings that are not covered with a sufficient snowpack, snowdrift on highways and railways, deformation of buildings and structures under snow loads, spring flooding in rivers. The purpose of this research is to assess space-time variability of the characteristics of snow cover in Belarusian Polesye. The objectives of the research are: to assess water content in snow (snow water equivalent) as a main source for spring flooding in Belarusian Polesye rivers; to create maps of snow characteristics and to predict flooding.

УДК 621.311.243(476)

РАЗВИТИЕ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

Рассматриваются характеристики климата, представляющие собой природный гелиоэнергетический потенциал территории Беларуси. Оценена пространственно-временная изменчивость радиационного режима, включающая энергетическую освещенность и прозрачность атмосферы, продолжительность солнечного сияния, облачность и другие факторы. Сделаны выводы о перспективах развития гелиоэнергетики в Беларуси.

Введение

На земную поверхность поступает такое количество солнечной энергии, которое превышает суммарную энергию всех известных ресурсов: нефть, газ, уголь и др. В древности человек обожествлял Солнце как источник света и тепла, однако уже со времен Г. Галилея начало формироваться потребительское отношение (в 1600 г. был создан первый солнечный двигатель). Бытует мнение, что гелиоэнергетика – это отдаленное будущее, пока идет освоение традиционных невозобновляемых энергетических ресурсов. Однако это не так. В наше время стартом развития гелиоэнергетики стало использование солнечных батарей на спутниках с 1957 г. У энергии Солнца есть ряд неоспоримых преимуществ: неисчерпаемость, доступность в любой точке Земли, универсальность (тепловая энергия и ее преобразование в механическую и электрическую), экологичность и безопасность, бесшумность и др.

Наиболее интенсивное развитие гелиоэнергетики имеет место в США, странах Западной Европы, Китае, Японии, Южной Корее. Согласно прогнозу Bloomberg New Energy Finance (BNEF), на долю возобновляемых источников энергии будет приходиться почти 3/4 мировых инвестиций в производство электроэнергии с 2017 до 2040 г. По оценкам BNEF, в ближайшие 22 года на производство электроэнергии в мире будет потрачено 10,2 трлн долл., из которых 7,4 трлн долл. будут направлены на чистую энергию [1]. Доля гелиоэнергетики в настоящее время составляет около 5 % от всей возобновляемой энергии, но происходит стремительный рост солнечных электростанций в мире за счет субсидирования проектов и за 2010–2015 гг. стоимость электроэнергии уже снизилась на 65 % и приблизилась к аналогичному показателю электроэнергии, получаемой из ископаемых видов топлива даже без учета субсидий [2]. Все это делает экономически целесообразным развитие гелиоэнергетики. Ожидается, что к 2040 г. в солнечную энергию будет инвестировано 2,8 трлн долл., что приведет к 14-кратному увеличению мощности, «ветер» получит 3,3 трлн долл. и увеличит мощность в 4 раза. В результате к 2040 г. ветровая и солнечная энергия составит 48 % установленной мощности в мире и 34 % производства электроэнергии по сравнению с 12 и 5 % в настоящее время. Также ожидается, что возобновляемая энергия достигнет 74 % в Германии к 2040 г., 38 % в США, 55 % в Китае и 49 % в Индии [1]. В свя-

зи с этим оценка гелиоэнергетического потенциала Беларуси становится актуальной задачей.

Методика и объекты исследования

В исследовании использованы материалы государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», характеризующие радиационный режим территории Беларуси, облачность и атмосферные явления. Временные ряды за репрезентативный 41-летний период 1979–2019 гг. приняты по 46 метеостанциям в соответствии с данными климатического кадастра Республики Беларусь, публикуемыми в соответствующих метеорологических ежемесячниках. В работе реализованы методы статистической обработки экспериментальных данных, аналитических расчетов и картографирования.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в Республике Беларусь доля возобновляемых источников энергии составляет 5,1 % [3]. Согласно Концепции энергетической безопасности, к 2035 г. запланировано довести этот показатель до 9 % от валового потребления энергии [4]. В соответствии с данными Государственного кадастра возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь эксплуатируется 108 установок, преобразующих солнечную энергию в электрическую. Большинство солнечных электростанций имеют проектную мощность 1,3–17 МВт. Суммарная мощность электростанций к 2020 г. около 250 МВт, что является достаточно скромным показателем и имеет существенные резервы для расширения.

Для обоснования целесообразности развития гелиоэнергетики на конкретных территориях следует оценивать теплоэнергетические ресурсы климата, куда относятся характеристики радиационного режима, являющиеся производными от солнечного излучения [5]. В распределении солнечной энергии и превращениях ее в атмосфере, на земной поверхности участвует множество факторов. Основные из них: состояние облачности; профили температуры, водяного пара и озона; наличие пыли и дымки в атмосфере; спектральные свойства подстилающей поверхности и др. [6].

Существует большое количество работ, в которых оцениваются гелиоэнергетические ресурсы климата Беларуси [7, 8], регионов России и других стран. Все эти работы объединяют выполненные статистические обобщения параметров радиационного режима, отмечается, что условия являются

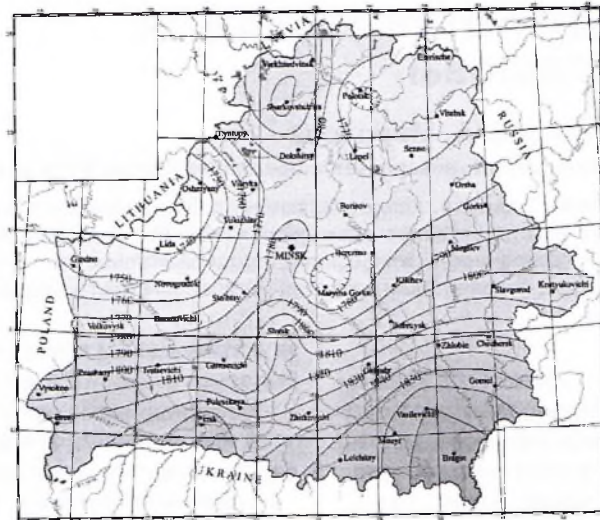


Рисунок 1. – Продолжительность солнечного сияния на территории Беларуси, ч в год

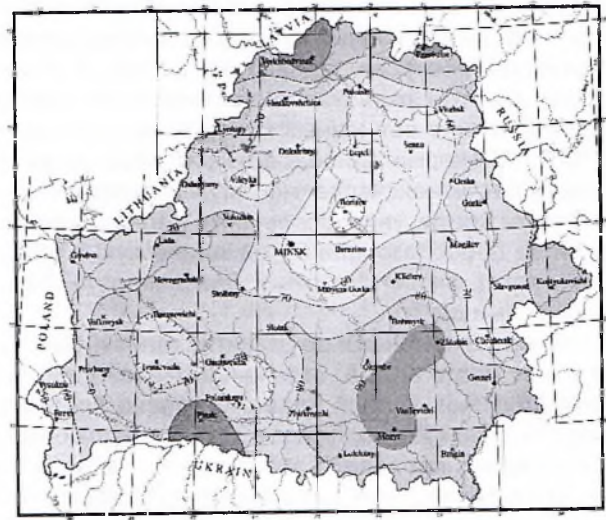
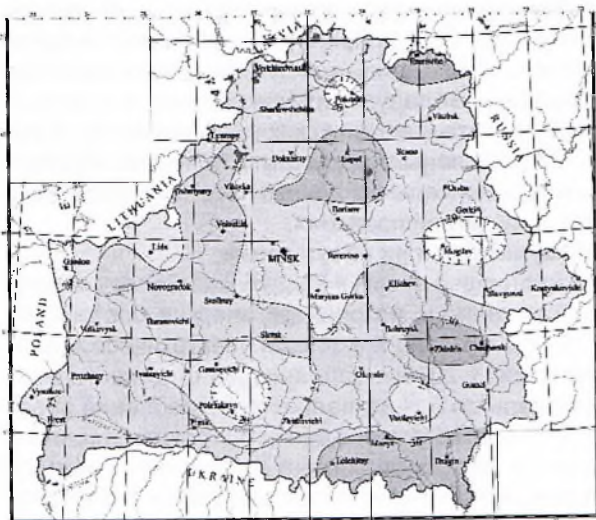


Рисунок 2. – Число ясных дней по общей облачности (слева), нижней облачности (справа) на территории Беларуси

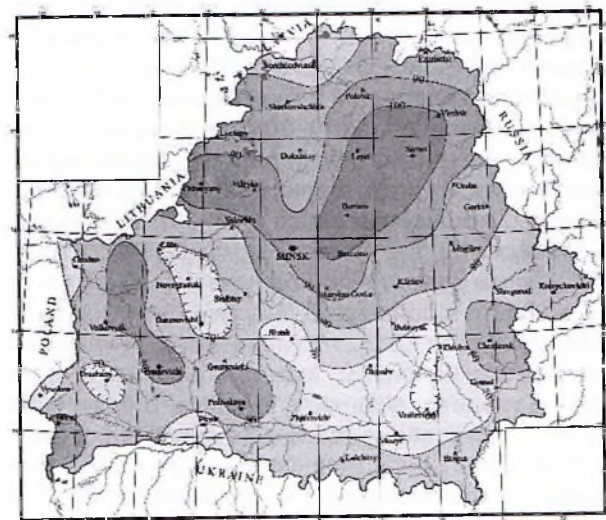
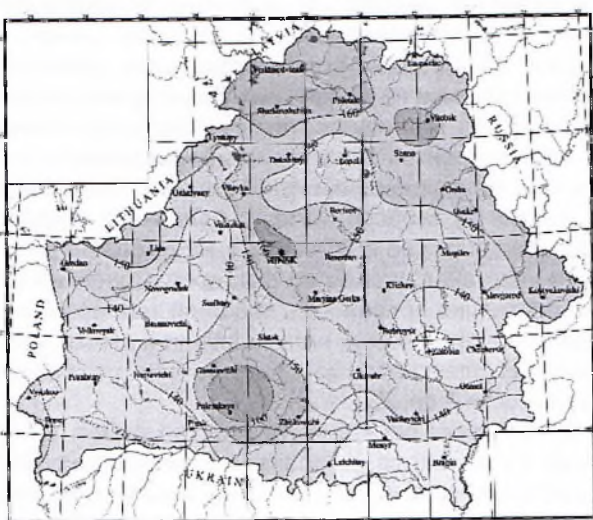


Рисунок 3. – Число пасмурных дней по общей облачности (слева), нижней облачности (справа) на территории Беларуси

благоприятными для развития гелиоэнергетики, несмотря на значительную территориальную удаленность и количественные различия в исследуемых характеристиках. Пространственно-временная изменчивость исследуемых характеристик нуждается в детализации, требуется более широкое привлечение методов аналитических расчетов в виду ограниченности данных актинометрических наблюдений.

Поступление солнечной радиации определяется географическим положением Беларуси и зависит от продолжительности солнечного сияния и облачности, а также от высоты солнца над горизонтом в разное время года. На севере Беларуси самый длинный день в 2,5 раза длиннее наиболее короткого, на юге – в 2,1 раза. Разница в продолжительности дня между ее северной и южной частями как летом, так и зимой, около одного часа. Летом на севере Беларуси день длиннее, чем на юге, но солнце стоит ниже; это несколько уменьшает различия в климатических условиях между южными и северными районами. Зимой же, когда и продолжительность дня и высота стояния солнца над горизонтом на юге больше, чем на севере, юг оказывается в более выгодных условиях, чем север [9].

Возможная продолжительность солнечного сияния на территории Беларуси составляет 4495 ± 10 ч в год. На севере она больше, что обусловлено рефракцией. Поэтому различия в действительной продолжительности солнечного сияния определяются режимом облачности. Средняя годовая продолжительность солнечного сияния увеличивается с севера, северо-запада на юг, юго-восток, примерно на 7 %: от 1740 (Лида, Ошмяны) до 1870 ч (Брагин) (рисунок 1).

Количество ясных дней с общей облачностью имеет ту же тенденцию, т. е. увеличивается с севера, северо-запада на юг, юго-восток: от 20 (Гродно, Полоцк, Могилев) до 30–35 дней (Мозырь, Брагин) и с нижней облачностью от 50 (Высокое) до 100 дней (Мозырь, Пинск, Жлобин) (рисунок 2). Имеет место уменьшение в том же направлении числа пасмурных дней по общей облачности со 160 (Полоцк, Шарковщина) до 120 дней (Брагин, Мозырь) и по нижней облачности со 120 (Борисов, Лепель, Сенно) до 60 дней (Василевичи, Пружаны) (рисунок 3). Следует отметить, что в отличие от продолжительности солнечного сияния, параметры облачности на картах характеризуются значительной пятнистостью, что предполагает поиск закономерностей с характеристиками ландшафтов.

Наблюдается корреляция роста средней годовой продолжительности солнечного сияния, количества ясных дней с общей и нижней облачностью и уменьшением числа пасмурных дней по общей и нижней облачности с севера, северо-запада на юг, юго-восток [6]. Облачность уменьшает годовые суммы суммарной солнечной радиации в 2,5–3,0 раза. Например, в Минске при отсутствии облачности годовые суммы могут быть 4485 Мдж/м^2 . Годовые суммы суммарной радиации уменьшаются примерно на 40 % по сравнению с теми, какими они были бы при безоблачном небе. В то же время сум-

мы рассеянной радиации в средних условиях облачности примерно на 40 % больше, чем при ясном небе [6].

Выполненные расчеты и районирование характеристик, отражающих влияние солнечной энергии на земную поверхность, позволяют считать достаточным и перспективным гелиоэнергетический потенциал исследуемой территории.

Выводы

Несмотря на то, что в Республике Беларусь в виду развития ядерной энергетики и ввода БелАЭС прогнозируется профицит электрической энергии, необходимо идти по пути диверсификации источников. Это позволит укрепить национальную безопасность страны и снизить зависимость от внешних факторов, минимизировать рыночные риски и энергетические сбои. В настоящее время зависимость от импортных углеводородов велика и необходимо развитие альтернативной «зеленой» энергетики, обеспечивающей также экологическую безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Energy Informer // The Int. Energy Newsletter. – 2017. – № 8, Vol. 27.
2. Развитие солнечной энергетики в мире и России // Экологический бюллетень. – 2017. – Вып. 44. – С. 14–18.
3. Врублевский, Б. И. Направления использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии в Республике Беларусь / Б. И. Врублевский, И. В. Сенько // Потребительская кооперация. – 2015. – № 2. – С. 27–32.
4. Энергетическая [р]еволюция: перспективы устойчивого развития энергетического сектора Беларуси / С. Симон [и др.] ; под ред. Ю. Огаренко. – Минск : Тип. «Плутос», 2018. – 124 с.
5. Meshyk, A. Thermal Resources of the Climate of West Polesie, Belarus / A. Meshyk, M. Sheshka, M. Barushka // 7th Int. Congress on Energy and Environment Engineering and Management (CIEEM7) : Abstracts Book, Canary Islands, Spain, 17–19 July 2017 ; ed. by ScienceKnowconferences. – Las Palmas (Spain), 2017. – P. 94–95.
6. 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 Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, 12–14 сент. 2019 г. / под ред. А. К. Карабанова [и др.]. – Брест, 2019. – Ч. 2. – С. 250–253.
7. Камлюк, Г. Г. Гелиоэнергетические ресурсы и перспективы развития гелиоэнергетики в Республике Беларусь / Г. Г. Камлюк // Энергетическая стратегия. – 2012. – № 6 (30). – С. 35–37.
8. Пашинский, В. А. Оценка падающей солнечной радиации на горизонтальную поверхность территории в условиях Республики Беларусь / В. А. Пашинский, А. А. Бутько, А. А. Черкасова // Экологический вестн. – 2015. – № 2 (32). – С. 77–82.
9. Климат Беларуси / Акад. наук Беларуси, Ком. по гидрометеорологии МЧС Респ. Беларусь ; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Ин-т геолог. наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

ASSESSMENT OF SOLAR ENERGY RESOURCES OF BELARUS' CLIMATE
MESHYK A., BARUSHKA M., MAROZAVA V.

This research considers some climate characteristics which constitute the nature's potential for applying solar energy on the territory of Belarus. The authors estimate the space-time variability of the country's radiation regime including such factors as solar irradiance, air clearness, sunshine duration, cloudiness, etc. They analyze and make a conclusion about the perspectives for developing solar energy in Belarus.

УДК 631.412

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КОРМОВЫХ КУЛЬТУРАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПЕСЧАНЫХ И ДЕРНОВЫХ ЗАБОЛОЧЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ

Н. В. Михальчук, М. М. Дашкевич, О. А. Галуц, Е. А. Брыль, С. Н. Михальчук

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Установлено, что максимальные уровни накопления в тканях изученных кормовых культур характерны для группы биофильных элементов – марганца, цинка и меди. Однако в дерновых заболоченных карбонатных почвах вследствие пассивирующих эффектов со стороны карбонатного вещества содержание некоторых физиологически значимых элементов может находиться ниже рекомендуемых уровней: меди – константно, марганца – в периоды засух. В условиях применения сброженного осадка сточных вод поглощение растениями кадмия и свинца на карбонатных почвах практически отсутствует, а на дерново-подзолистых песчаных почвах отмечается на минимальном уровне; со второго года жизни культуры оно прекращается в отношении кадмия у злаковых растений, свинца – у бобовых.

Введение

В настоящее время проблема загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) является общепризнанной и весьма актуальной. Накапливаясь в поверхностных горизонтах почв, ТМ в течение длительного времени остаются доступными для корневого поглощения растениями и активно включаются в процессы миграции по трофическим путям. Ряд элементов – свинец, кадмий, ртуть и др. – даже в очень малых количествах способен вызывать иммунологические, онкологические и другие виды заболеваний. В работе [1] среди задач, связанных с изучением поведения ТМ в системе «почва–растение», особо подчеркнуты следующие: 1) исследовать особенности поступления металлов в почвы сельскохозяйственного назначения; 2) изучить химические аспекты поведения металлов в почвах: закрепление, перераспределение, высвобождение, доступность растениям, в том числе в условиях применения осадков сточных вод как источника питания растений.

Природные и аграрные ландшафты юго-запада Беларуси подвержены влиянию выбросов ТМ и иных веществ-загрязнителей из техногенных источников, что создает потенциальную опасность включения токсичных элементов в пищевые цепи и ограничивает возможности получения высококачественной продукции. Рассматриваемый субрегион отличается развитой транспортной инфраструктурой, интенсивными формами ведения сельскохозяйственного производства, сравнительно высоким промышленным потенциалом. Кроме того, накопление ТМ в почвах связано также с особым географическим положением территории: она находится под влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ с индустриально развитых регионов Европы. Все эти факторы, взятые в совокупности, обуславливают актуальные и потенциальные риски загрязнения почв ТМ.

Методика и объекты исследования

В условиях модельного полигона (МП) «Луково» (агрогодья ОАО «Красный партизан», Малоритский р-н) нами проведены опыты по выявлению особенностей накопления ТМ в почвах сельскохозяйственного назначения и в растениеводческой продукции. МП отличается предельно контраст-

ными структурами почвенного покрова на микро- и мезоуровнях и неблагоприятными условиями для применения однородных технологий на сильно дифференцированных в агропроизводственном отношении полях.

В полевых опытах 2016–2018 гг. на дерновой заболоченной карбонатной (ДЗК) суглинистой почве (опыт ДЗК-1-16, заложен в третьей декаде апреля 2016 г. и ДЗК-2-17, заложен в первой декаде мая 2017 г.) и дерново-подзолистой песчаной (ДПП) почве (опыт ДП-1-17, заложен в третьей декаде апреля 2017 г.) изучались особенности накопления ТМ и микроэлементы (МКЭ) одно- и многолетними кормовыми культурами. При этом для моделирования условий повышенного содержания ТМ в почвах опыты ДЗК-2-17 и ДП-1-17 закладывались в двух вариантах: с внесением обезвоженного сброженного осадка сточных вод (ОС ОСВ) Брестских очистных сооружений, отличающегося высоким содержанием большинства исследуемых ТМ, и без его внесения.

Испытуемые виды кормовых трав были представлены следующими культурами из двух семейств: злаковые (Poaceae) – фестулолиум (овсяницеплевел плевельный), двукисточник тростниковидный, ежа сборная, райграс пастбищный (плевел многолетний), тимофеевка луговая, овсяница красная (многолетние культуры); и бобовые (Fabaceae) – донник белый (двулетник), клевер луговой, клевер ползучий, люцерна посевная (многолетние культуры).

Экспериментальные исследования почв, образцов ОСВ, растительных образцов, проводили аккредитованные лаборатории ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26929, кислотную экстракцию ТМ из золы осуществляли согласно [2]. Подготовленные пробы анализировались на содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе SOLAAR MkII M6 Double Beam AAS по ГОСТ 30178-96 (Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов). При определении качества растениеводческой продукции проводили сравнение содержания исследуемых ТМ и МКЭ в растениях с показателями максимально допустимых уровней (МДУ).

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2013 и Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Неоднородность природных условий на территории западной части Белорусского Полесья обусловила формирование различных типов почв. Нами наиболее детально рассмотрены две категории почв: дерново-подзолистые песчаные, как наиболее распространенные в условиях Белорусского Полесья среди минеральных почв, и дерновые заболоченные карбонатные почвы гидрогенного генезиса, отличающиеся ярко выраженной спецификой в накоплении и перераспределении по профилю микро- и макроэлементов [3]. Первая группа почв широко и интенсивно используется в сельскохозяйственном производстве под пашню и пастбища; ДПП почвы характеризуются малой мощностью гумусового горизонта, редко превышающего 20 см, и низким содержанием гумуса – 1,8–2,3 %. Показатель рН находится в пределах 4,6–5,5 (от кислой до слабо-кислой).

ДЗК почвы отличаются ограниченным распространением в регионе (до 2 % пахотных почв); содержание гумуса составляет 5–9 % и более. Реакция среды этих почв нейтральная или слабощелочная.

Среди изучаемых ТМ и МКЭ во все годы исследований максимальным оказалось накопление мар-

ганца в зеленой массе испытуемых культур как на ДПП, так и на ДЗК почвах (таблица 1). В вариантах без внесения сброженного ОСВ на ДПП почве у злаковых культур содержание марганца изменялось у фестулолиума в пределах от 25,4 мг/кг в 2019 г. до 82,3 мг/кг в 2017 г., у райграса пастбищного – от 58,1 мг/кг в 2018 г. до 119,2 мг/кг в 2017 г. При этом усредненные значения содержания элемента за три года наблюдений для первой культуры составили 59,2 мг/кг, для второй – 89,1 мг/кг. Более низкими оказались усредненные концентрации марганца в тканях бобовых культур: они изменялись от 42,3 мг/кг у донника белого до 46,4 мг/кг у клевера розового. Подобные соотношения наблюдались и в условиях ДЗК почвы, с той лишь разницей, что концентрации элемента у злаковых и у бобовых культур оказались более низкими. Усредненные значения данного элемента у злаковых культур составили 52,7 мг/кг, у бобовых – 36,4 мг/кг.

Вторым и третьим по уровням накопления в тканях исследуемых культур элементами являются цинк и медь. При этом содержание цинка, как правило, на порядок выше, чем содержание меди. Так, у злаковых культур на ДПП почвах усредненное содержание цинка за годы исследований составило 25,13–31,49 мг/кг, тогда как меди – 3,75–3,95 мг/кг; у бобовых соответственно 26,27–43,90 и 4,12–5,61 мг/кг. Более низким содержанием цинка (как и меди) отличаются растения, выращенные на ДЗК почве: у злаковых культур оно изменялось от 17,06 мг/кг у ежи сборной,

Таблица 1. – Усредненное содержание химических элементов в зеленых кормах, полученных в условиях дерновой заболоченной карбонатной почвы (опыт ДЗК-1, 2016–2019 гг.) и дерново-подзолистой почвы (опыт ДП 1-17, 2017–2019 гг.)

Почва	Культура	Содержание элемента, мг/кг воздушно сухого вещества							
		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe
1	Poaceae								
	Овсяницеплевел плевельный (фестулолиум)	0,00	0,00	0,22	1,98	16,90	0,62	47,50	202,01
	Двукосточник тростниковидный	0,00	0,00	0,35	2,12	22,44	0,59	42,84	106,47
	Ежа сборная	0,00	0,00	0,29	1,79	17,06	0,49	88,14	102,35
	Плевел многолетний (райграс пастбищный)	0,00	0,01	0,30	1,56	16,07	0,53	49,58	282,06
	Тимофеевка луговая	0,00	0,00	0,10	1,35	21,59	0,46	42,50	186,96
	Овсяница красная	0,00	0,01	0,19	1,77	20,28	1,23	45,36	127,31
	Среднее значение	0,00	0,00	0,24	1,76	19,06	0,65	52,65	167,86
	Fabaceae								
	Клевер луговой	0,02	0,00	0,67	1,53	22,82	0,36	37,06	110,64
	Клевер ползучий	0,12	0,00	0,68	1,27	18,72	0,36	42,98	303,01
	Люцерна посевная	0,00	0,00	0,59	1,19	22,92	0,23	32,28	102,99
	Донник белый	0,04	0,00	0,69	1,75	18,85	0,21	33,18	98,40
	Среднее значение	0,05	0,00	0,66	1,44	20,83	0,29	36,38	153,76
	2	Poaceae							
Овсяницеплевел плевельный		0,25	0,02	0,48	3,95	25,13	0,29	59,24	
Плевел многолетний (райграс пастбищный)		0,16	0,01	0,37	3,75	31,49	0,28	89,06	
Среднее значение		0,21	0,02	0,43	3,85	28,31	0,29	74,15	
Fabaceae									
Люцерна посевная		0,04	0,07	0,48	5,61	43,9	0,33	44,95	
Клевер розовый		0,05	0,03	0,43	4,12	43,32	0,39	46,39	
Донник белый		0,06	0,08	0,48	5,07	26,27	0,34	42,34	
Среднее значение		0,05	0,06	0,46	4,93	37,83	0,35	44,56	

Примечание. 1 – дерновая заболоченная карбонатная почва; 2 – дерново-подзолистая песчаная почва.

до 22,44 мг/кг у двукисточника тростниковидного. При этом обеспеченность корма медью была меньше в 10 раз (1,79 и 2,12 мг/кг соответственно) и находилась существенно ниже рекомендуемых норм при кормлении сельскохозяйственных животных – 3,5 мг/кг [4].

Применение сброженного ОСВ несколько повышало концентрации данных элементов; особенно это заметно на ДПП почве в отношении цинка у бобовых культур, где его содержание было в 1,2–1,3 раза выше, чем в вариантах без внесения ОСВ (таблица 2).

Миграционная активность никеля и его способность к транслокации в растения в условиях ДЗК почвы слабо изменялась по годам исследований. В то же время различные культуры отличаются ярко выраженной видоспецифичностью в накоплении элемента. Более высокие уровни содержания никеля отмечаются у злаковых культур: их усредненные значения изменяются от 0,49 и 0,59 мг/кг у ежи сборной и двукисточника тростниковидного до 1,23 мг/кг у овсяницы красной. Минимальное накопление элемента свойственно бобовым культурам: на ДЗК почвах оно в среднем составило 0,29 мг/кг, т. е. в 2,2 раза ниже, чем у злаковых. В опыте с внесением ОСВ на ДЗК почве не отмечен рост содержания никеля в растениях; при этом сохранялось более высокое его концентрирование злаковыми культурами.

Несколько иной характер накопления никеля отмечается у растений, выращенных на ДПП почве. В вариантах без внесения ОСВ концентрации элемента как у злаковых, так и бобовых культур находились на уровне от 0,29 до 0,35 мг/кг. Внесение ОСВ приводило к увеличению содержания элемента в среднем в 1,6 раза и находилось в интервале значений от 0,41 до 0,62 мг/кг. В связи с этим следует отметить, что в карбонатной среде подвижность никеля и его способность к транслокациям в растения при использовании ОСВ существенно ниже, чем в слабокислой среде ДПП почвы.

Среди рассматриваемых ТМ и МКЭ транслокационная активность марганца в наибольшей степени определяется складывающимися погодными условиями. Особенно отчетливо это проявляется на злаковых культурах, причем как в условиях ДЗК, так и ДПП почв. Так, накопление элемента в тканях ежи сборной в благоприятные по температурно-влажностному режиму 2016 и 2017 гг. при выращивании на ДЗК почве находилось на уровне 101,39 и 135,82 мг/кг соответственно, тогда как в более засушливых условиях вегетационных периодов 2018 и 2019 гг. оно снизилось до 69,41 и 45,93 мг/кг соответственно или в среднем в 2,1 раза. Такие же особенности миграционного поведения марганца характерны для овсяницы красной и двукисточника тростниковидного. В литературе имеются указания на возрастание подвижности марганца при увеличении увлажнения почв [5].

При возделывании злаковых культур на ДПП почве снижение миграционной активности марганца в условиях засухи оказалось еще более значи-

тельным, особенно в вариантах опыта с внесением сброженного ОСВ. К примеру, у фестулолиума в 2018 и 2019 гг. в сравнении с 2017 г. она оказалась соответственно в 2,8 и 4,2 раза ниже. Характерно, что на ДПП почве подобные зависимости наблюдались и у бобовых культур: у люцерны посевной накопление марганца снизилось в 2,0–2,6 раза, у донника белого – в 2,1 раза.

Низкие значения концентрации в растениях характерны и для хрома. При этом у большинства изучаемых многолетних культур в первый год жизни в условиях ДЗК почвы не фиксировалось накопление элемента, хотя на второй год содержание хрома отмечалось на уровне 0,4 мг/кг и ниже у злаковых и превышало у бобовых, наиболее существенно – у люцерны посевной (до 0,70 мг/кг). Тенденция к возрастанию концентраций хрома оказалась еще более выраженной на третий год жизни культур: они достигали значений 1,15 мг/кг у клевера розового и 1,22 у люцерны посевной. Применение сброженного ОСВ в условиях ДЗК почвы привело к некоторому росту содержания элемента в растениях.

Повышение концентраций хрома с увеличением срока жизни культур отмечается и при их возделывании на ДПП почвах. У всех без исключения культур на третий год жизни содержание элемента было более чем в 2,1 раза выше, чем в год посева, а у клевера розового – в 6,0 раз. Внесение ОСВ увеличивало накопление хрома в 1,2 раза (как у люцерны посевной и клевера розового) и даже в 1,7 раза (как у райграса пастбищного), хотя ни в одном из рассматриваемых случаев не приводило к росту концентраций с превышением 1,0 мг/кг.

Следовательно, миграционная активность хрома несколько более высокая в щелочной среде карбонатных почв. Элемент интенсивно накапливается на второй и последующие годы жизни культур.

Оптимистичные результаты нами получены по качеству корма в отношении наиболее токсичных элементов – свинца и кадмия. В условиях ДЗК почвы они или вовсе не выявлялись используемыми аналитическими методами, или фиксировались в незначительных концентрациях и, как правило, у бобовых культур. Подобная ситуация отмечалась также в вариантах опыта с применением ОСВ.

На ДПП почвах содержание свинца и кадмия в тканях растений первого года жизни находилось на уровне фоновых значений, как у бобовых культур, или несколько превышало их, как у злаков. Внесение ОСВ незначительно увеличивало накопление данных элементов.

В последующие годы происходило существенное снижение их концентраций: уже на второй год жизни свинец не фиксировался в тканях бобовых растений, а на третий год – у всех испытуемых культур. По-видимому, в почвах свинец прочно связывается с органическим веществом и становится слабо доступным растениям. Данная особенность поведения свинца неоднократно подчеркивалась в литературных источниках [6, 7] и стала основанием для выводов о невысокой опасности соединений свинца в почвах [8].

Таблица 2. – Усредненное содержание химических элементов в зеленых кормах, полученных в условиях дерновой заболоченной карбонатной почвы (опыт ДЗК-2-17) и дерново-подзолистой песчаной почвы (опыт ДП-1-17), 2017–2019 гг.

Почва	Культура	Концентрация элемента, мг/кг воздушно-сухого вещества													
		Pb		Cd		Cr		Cu		Zn		Ni		Mn	
		А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
1	Роасеае														
	Овсянецплевел плевельный (фестулолиум)	0,00	0,05	0,00	0,00	0,32	0,34	2,23	2,46	22,15	22,29	0,88	0,75	41,87	44,66
	Плевел многолетний (райграс пастбищный)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,42	1,83	1,84	19,32	21,36	0,97	0,91	53,78	56,74
	Среднее значение	0,00	0,03	0,00	0,00	0,37	0,38	2,03	2,15	20,74	21,83	0,93	0,83	47,83	50,70
	Fabaceae														
	Люцерна посевная	0,00	0,00	0,01	0,00	0,88	0,92	1,73	2,50	22,49	29,49	0,29	0,32	38,46	37,15
	Клевер розовый	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,57	1,28	2,29	24,72	28,98	0,28	0,27	36,72	34,72
Среднее значение	0,00	0,00	0,01	0,00	0,73	0,75	1,51	2,40	23,61	29,24	0,29	0,30	37,59	35,94	
2	Роасеае														
	Овсянецплевел плевельный (фестулолиум)	0,25	0,11	0,02	0,03	0,48	0,48	3,95	4,56	25,13	26,76	0,29	0,32	59,24	60,14
	Плевел многолетний (райграс пастбищный)	0,16	0,22	0,01	0,02	0,37	0,63	3,75	4,55	31,49	36,81	0,28	0,5	89,06	95,14
	Среднее значение	0,21	0,17	0,02	0,03	0,43	0,56	3,85	4,56	28,31	31,79	0,29	0,41	74,15	77,64
	Fabaceae														
	Люцерна посевная	0,04	0,13	0,07	0,11	0,48	0,56	5,61	6,02	43,9	51,94	0,33	0,51	44,95	49,1
	Клевер розовый	0,05	0,07	0,03	0,05	0,43	0,52	4,12	5,77	43,32	56,67	0,39	0,67	46,39	59,62
Донник белый	0,06	0,1	0,08	0,14	0,48	0,66	5,07	5,05	26,27	33,53	0,34	0,68	42,34	52,08	
Среднее значение	0,05	0,10	0,06	0,10	0,46	0,58	4,93	5,61	37,83	47,38	0,35	0,62	44,56	53,60	

Примечание. 1 – дерновая заболоченная карбонатная почва; 2 – дерново-подзолистая песчаная почва; А – без внесения ОС ОСВ; Б – с внесением ОС ОСВ.

Выраженные барьерные эффекты в отношении кадмия отмечены нами у злаковых культур. Накопление ими элемента в первый год жизни оказалось в среднем в 2,3 раза ниже, чем у бобовых растений. Со второго года жизни элемент не отмечался вовсе, в том числе и в варианте с внесением ОСВ. Усредненное содержание кадмия в тканях бобовых культур находилось на уровне допустимого значения (0,1 мг/кг) на фоне действия ОСВ или существенно ниже его в вариантах без применения ОСВ.

В работе [9] также показано, что за 3 года подвижность соединений свинца и кадмия в песчаных дерново-подзолистых почвах может понизиться до 20 %, что обеспечивается в том числе и за счет механизмов химического и физико-химического поглощения элементов почвенными компонентами. При этом для закрепления свинца в песчаной почве большое значение имел уровень ее гумусности, кадмия – нейтральная реакция почвенной среды и высокое содержание подвижного фосфора. Следовательно, степень детоксикации песчаных дерново-подзолистых почв во многом определяется уровнем их окультуренности.

Выводы

Максимальные уровни накопления в тканях изученных кормовых культур характерны для группы биофильных элементов – марганца, цинка и меди. Однако в условиях ДЗК почв вследствие проявления пассивирующих эффектов со стороны карбонатного вещества содержание некоторых физиологически значимых элементов может находиться ниже рекомендуемых уровней: меди – константно, марганца – в периоды засух. Поглощение растениями кадмия и свинца на ДЗК почвах практически от-

сутствует, а в условиях ДПП почв отмечается на минимальном уровне; со второго года жизни культур оно прекращается в отношении кадмия у злаковых растений, свинца – у бобовых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hooda, P. S. A special issue on heavy metals in soils: editorial foreword / P. S. Hooda // *Adv. Environ. Res.* – 2003. – Vol. 8. – P. 1–3.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
3. Михальчук, Н. В. Подвижные формы тяжелых металлов и микроэлементов в почвах карбонатного ряда юго-запада Беларуси / Н. В. Михальчук // *Весті Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук.* – 2017. – № 3. – С. 90–97.
4. Тиво, П. Ф. Тяжелые металлы и экология / П. Ф. Тиво, Н. Г. Быцко. – Минск: Юнипол, 1996. – 191 с.
5. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н. В. Клебанович, Г. В. Василюк. – Минск: БГУ, 2003. – 324 с.
6. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
7. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 240 с.
8. Водяницкий, Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – С. 146–148.
9. Агроэкологическое значение окультуривания песчаных дерново-подзолистых почв при загрязнении Pb и Cd / А. И. Иванов [и др.] // *Агрохимия.* – 2019. – № 4. – С. 70–78.

CONTENT OF HEAVY METALS AND MICROELEMENTS IN FODDER CROPS ON SODDY-PODZOLY SANDY AND SODY BOILED CARBONATE SOILS MIKHALCHUK N., DASHKEVICH M., GALUTS O., BRYL A., MIKCHALCHUK S.

It was found that the maximum levels of accumulation in the tissues of the studied forage crops are characteristic of the group of biophilic elements – manganese, zinc and copper. However, under conditions of soddy swampy calcareous soils, due to passivating effects on the part of carbonate matter, the content of some physiologically significant elements may be below the recommended levels: copper – constant, manganese – during periods of droughts. Under the conditions of using fermented sewage sludge, the absorption of cadmium and lead by plants on calcareous soils is practically absent, and on soddy-podzolic sandy soils, it is observed at a minimum level; from the second year of the life of crops, it ceases with respect to cadmium in cereals, lead – in legumes.

УДК 551.583.582

ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ СУТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Т. Г. Табальчук

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

В работе рассмотрено изменение максимальных суточных температур на территории Белорусского Полесья в летний период. Показан характер увеличения средних максимальных суточных температур отдельных летних месяцев для скользящих 5-летних периодов. Приведено пространственное распределение скоростей роста максимальных суточных температур.

Введение

Температура воздуха, как фактор окружающей среды, оказывает прямое воздействие на все живые организмы. Она определяет комфортность проживания человека, возможности и сроки возделывания сельскохозяйственных культур, а также жизнедеятельность растений в целом. Это связано с тем, что фотосинтез, дыхание, транспирация, усвоение питательных веществ почвы и другие физиологические процессы происходят лишь в определенных диапазонах температур. В частности, у многих теплолюбивых сельскохозяйственных культур интенсивность фотосинтеза достигает наибольших величин при температуре 20–25 °С [1].

Уже неоднократно отмечалось, что в период современного потепления произошло увеличение тепловых ресурсов, на юге Беларуси сформировалась новая агроклиматическая область, площадь которой составила более 50 тыс. км², а также появились признаки остепнения [2–5].

Ранее нами было показано, что характер внутригодового распределения величины трендов среднесуточных температур в текущий период потепления климата на территории Белорусского и Украинского Полесья принципиально изменился по сравнению с периодом, предшествующим потеплению [6]. В настоящее время нормированные величины трендов среднесуточных температур оказались максимальными со второй половины весны до глубокой осени. При этом в период с 1977 по 2015 г. меняется характер максимальных (дневных) и минимальных (ночных) суточных температур [7]. После 1994 г. на территории Беларуси наблюдается замедление темпов роста минимальных и сохранение темпов роста максимальных температур в зимний и летний периоды. Все эти изменения оказывают непосредственное влияние на формирование природных условий на территории Белорусского Полесья. Изучение изменения такого важного климатического параметра, как максимальные суточные температуры, поможет в определении и прогнозировании процессов трансформации природной среды Полесского региона.

Методика и объекты исследования

Для исследования были использованы данные 11 метеостанций Белорусского Полесья [8], для которых имеются непрерывные ряды ежедневных наблюдений за максимальными температурами воздуха за период с 1977 по 2019 г.: Брагин, Брест, Василевичи, Гомель, Житковичи, Жлобин, Ивацевичи, Мозырь, Октябрь, Пинск и Полесская.

По данным были получены линейные тренды максимальных температур за рассматриваемый период. Статистическая значимость трендов оценивалась по критерию Фишера. Для последующего анализа темпов изменения максимальных температур, как это принято, был взят 10-летний период.

Построение карт проводилось в программе ArcGIS 10.5.1. В качестве метода интерполяции выбран сплайн, который оптимально подходит для интерполяции гладких полей, каковыми являются поля температуры [9].

Результаты и их обсуждение

В период современного потепления климата, после 1988 г., на метеостанциях Белорусского Полесья отмечается существенный рост количества дней с максимальной температурой воздуха более 30 °С (рисунок 1). Так, в конце 1970-х–1980-е гг. суммарное количество дней с максимальной температурой воздуха было меньше десяти в год. В 1990-е и 2000-е отмечалось три года, в 2010-е – семь лет, когда суммарное количество дней с максимальной температурой воздуха более 30 °С было больше десяти за год. Рекордсменом по количеству жарких дней за рассмотренный период стал 2010 г. Возможные причины этого аномально жаркого лета приводятся в работе [10].

Характер изменения максимальных температур в целом схож на всех рассмотренных метеостанциях. На рисунке 2 показаны средние максимальные температуры воздуха для летних месяцев на метеостанции Полесская, осредненные по скользящим 5-летним периодам. Если в 1980–1990-е гг. большое количество жарких дней в отдельные годы компенсировалось более низким их количеством в другие, то в последние десятилетия этого уже не происходит. Средняя максимальная температура скользящих 5-летних периодов возрастает на несколько градусов. При этом для июня характерны два периода роста температуры, для июля – скачкообразный рост в начале текущего столетия, а для августа – постепенное увеличение средних максимальных суточных температур.

На рисунке 3 представлено пространственное распределение скоростей роста максимальных суточных температур для территории Белорусского Полесья. При этом во все месяцы наибольшие скорости роста наблюдаются в центральной части (Житковичи, Полесская), а также на юго-востоке (Брагин, Гомель). Все полученные скорости роста максимальных температур являются статистически значимыми.

Рисунок 1. – Количество дней с максимальной суточной температурой воздуха летом более 30 °С на метеостанциях Белорусского Полесья

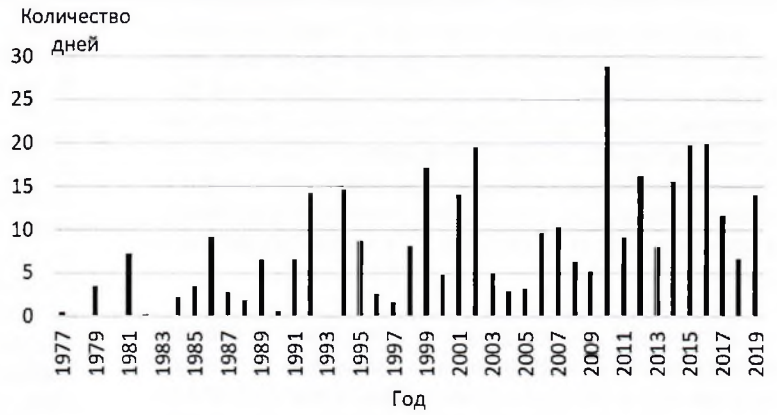


Рисунок 2. – Средняя максимальная суточная температура для летних месяцев на метеостанции Полесская для скользящих 5-летних периодов

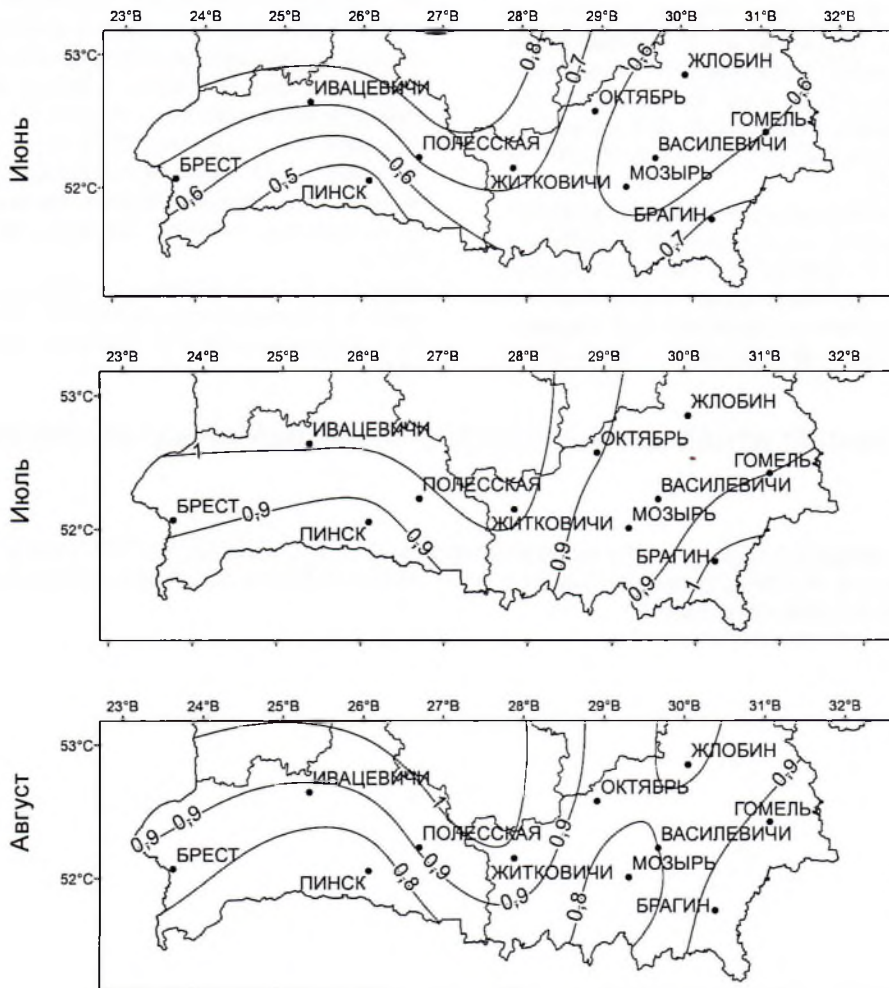
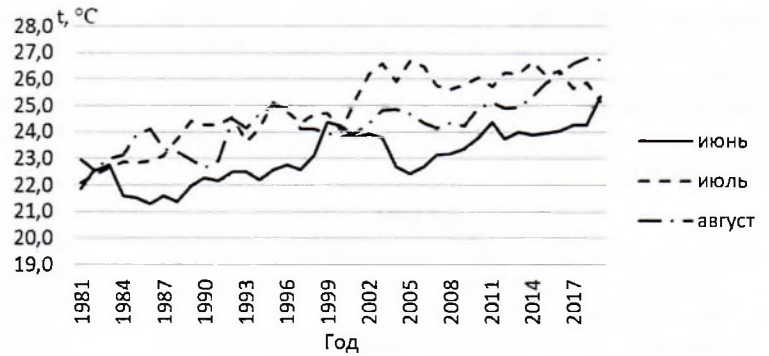


Рисунок 3. – Скорости роста максимальных суточных температур, °С/10 лет

Причины подобных изменений максимальных суточных температур в настоящее время все еще являются дискуссионным вопросом. Одна из наиболее вероятных – существенное очищение атмосферы от аэрозоля, который оказывает значительное влияние в первую очередь на дневную (максимальную) температуру, поглощая солнечную радиацию и препятствуя ее поступлению к земной поверхности [11].

Выводы

В период современного потепления климата наблюдается увеличение максимальных суточных температур в летний период. Наиболее вероятной причиной такого роста является очищение атмосферы от аэрозолей, наблюдающееся в последние десятилетия. При сохранении существующих темпов роста максимальных суточных температур следует ожидать дальнейшего увеличения повторяемости и продолжительности периодов сильной жары и засух.

ЛИТЕРАТУРА

- Исаев, А. А. Экологическая климатология : учеб. пособие / А. А. Исаев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Науч. мир, 2003. – 470 с.
- Мельник, В. И. Влияние современных изменений климата на ведение сельскохозяйственного производства в Белорусском Полесье / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац / Нац. акад. навук Беларусі, Палес. аграр.-экал. ін-т ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брест, 2008. – Вып. 1. – С. 51–53.
- Логинов, В. Ф. Изменение площадей агроклиматических областей на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования ; [редкол.: А. К. Карабанов (гл. ред.) и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 47–52.
- Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период с 1989 по 2015 гг. / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
- Признаки остепнения южной части Беларуси / В. С. Хомич [и др.] // Степи Северной Евразии : материалы VIII Междунар. симп. / Рос. акад. наук, Урал. отд-ние [и др.] ; редкол.: А. А. Чибилев [и др.]. – Оренбург, 2018. – С. 1051–1054.
- Логинов, В. Ф. Изменчивость величины трендов температуры на территории Белорусского и Украинского Полесья / В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования ; [редкол.: А. К. Карабанов (гл. ред.) и др.]. – Минск, 2016. – Вып. 29. – С. 38–41.
- Табальчук, Т. Г. Изменение скорости роста максимальных и минимальных суточных температур в современный период / Т. Г. Табальчук // Молодежь в науке 2019. Аграрные, биологические, гуманитарные, медицинские, физико-математические, физико-технические науки, химия и науки о Земле : тез. докл. XVI Междунар. конф. молодых ученых, Минск, 14–17 окт. 2019 г. – Минск, 2019. – С. 558–560.
- Государственный климатический кадастр [Информационный ресурс] : материалы наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь, № свид-ва 0870100021 / Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. – Минск, 2020.
- Программный комплекс ArcGIS Desktop : учеб. пособие. – М. : Совзонд, 2013. – 230 с.
- Логинов, В. Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В. Ф. Логинов. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 266 с.
- Логинов, В. Ф. Современные изменения глобального и регионального климата / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 350 с.

MAXIMUM DAILY TEMPERATURE CHANGE FOR THE TERRITORY OF BELARUSSIAN POLESSIE TABALCHUK T.

The maximum daily temperature change for the territory of Belarusian Polessie is considered. The increase in the average maximum daily temperature for moving 5-year periods for summer months is shown. The spatial distribution of the growth rates of the maximum daily temperature is given.

УДК 551.58

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. А. Шелест

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Посвящена оценке изменений климатических норм годовых, сезонных и месячных температур воздуха, которые используются в настоящее время (1980–2010) по сравнению с климатическими нормами, применяемыми до 2017 г. (1960–1990) по метеостанциям Брестской области. Выявлены внутригодовые и пространственные особенности изменения климатических норм в пределах Брестской области.

Введение

Впервые климатические нормы начали применяться в первой половине XX в. Климатическая норма – это та или иная характеристика климата, статистически полученная из многолетнего ряда наблюдений. Чаще всего это средняя величина [1, с. 34].

Климатические нормы используются для двух главных целей. Во-первых, они служат контрольной точкой, с которой могут сравниваться недавно проведенные или текущие наблюдения. Во-вторых, для предсказания условий, которые могут ожидать с наибольшей вероятностью в заданном районе [2].

Общей рекомендацией Всемирной метеорологической организации является использование 30-летних базисных периодов для определения климатических норм.

В связи с наблюдаемым изменением климата, достигшим значительных масштабов, проявляющимся прежде всего ростом температур воздуха, в настоящее время несколько изменились подходы к определению климатических стандартных норм. На семнадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе, что состоялся в г. Женева в июне 2015 г., было рекомендовано рассчитывать новые климатические нормы для последнего 30-летнего периода, который завершается годом, заканчивающимся цифрой 0. На момент подписания технического регламента это был период 1981–2010 гг., что и используется в настоящее время. Гидрометеорологическая служба Республики Беларусь на новые климатические нормы по температуре и осадкам перешла с 1 июля 2017 г. При этом ранее был иной подход: рассматривали не пересекающиеся 30-летние периоды: 1901–1930, 1931–1960, 1961–1990 гг. Таким образом, в следующий период 1991–2020 гг., по новым рекомендациям рассчитываются климатические нормы. При этом период 1961–1990 гг. сохранен как стандартный опорный для долгосрочной оценки изменений климата.

Цель исследования – дать оценку изменений климатических норм в пределах Брестской области.

Методика и объекты исследования

Оценка изменений климатических норм температур воздуха проводилась на основании опубликованных в справочнике по климату Беларуси данных [2]. При этом рассматривались средние месячные, сезонные и годовые температуры воздуха по 8 метеорологическим станциям, расположенным в пределах Брестской области: Барановичи, Ганцевичи, Ивацевичи, Пружаны, Высокое, Полесская, Брест,

Пинск. Рассчитывалась разница средних температур воздуха за два периода: 1981–2010 и 1961–1990 гг.

Результаты и их обсуждение

В таблице представлены средние месячные, сезонные и годовые температуры воздуха (климатические нормы) за 1961–1990 и 1981–2010 гг. по метеостанциям Брестской области, а также разность между ними (Δ) [3].

Однако по метеостанциям области их значения несколько отличаются. Наиболее существенное повышение значений климатических норм среднегодовой температуры выявлено на станции Пинск (на 1 °С), наименее существенно на станциях Ганцевичи, Пружаны и Полесская (на 0,7 °С).

Среднемесячные температуры воздуха изменились более значительно. В целом по Брестской области во все месяцы года (исключение – ноябрь) произошел рост среднемесячных температур воздуха, наиболее существенный – в январе (на 2,1 °С), несколько меньший – в феврале (на 1,4 °С), марте и июле (на 1,2 °С). Незначительное увеличение произошло в июне, сентябре, октябре и декабре. Уменьшение климатических норм за 1981–2010 гг. по сравнению с предшествующим периодом, для которого рассчитывались климатические нормы, в целом по Брестской области произошло лишь в ноябре (на 0,1 °С).

Наблюдается также рост средних сезонных температур воздуха в пределах Брестской области в 1981–2010 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. Наиболее существенное увеличение средних сезонных температур воздуха произошло в зимний период, когда они увеличились от –4,1 °С (в 1961–1990 гг.) до –2,9 °С (в 1981–2010 гг.), т. е. рост составил 1,2 °С. Достаточно большое повышение наблюдается в весенний и летний периоды – соответственно на 0,9 и 0,8 °С. Менее существенно средние сезонные температуры увеличились в осенний период – на 0,2 °С.

При общей тенденции роста средних месячных, сезонных и годовых температур в пределах Брестской области во второй из рассматриваемых периодов по сравнению с первым можно выделить региональные особенности. Увеличения среднемесячных температур воздуха по метеостанциям Брестской области не произошло лишь в ноябре. При этом на некоторых станциях средняя температура ноября за рассматриваемый 30-летний период по сравнению с предшествующим не изменилась, на других – уменьшилась на 0,1–0,3 °С.

Таблица. – Климатические нормы месячных, сезонных и годовых температур воздуха за 1961–1990 и 1981–2010 гг.

	Барановичи			Ганцевичи			Ивацевичи			Пружаны		
	1961–1990	1981–2010	Δ	1961–1990	1981–2010	Δ	1961–1990	1981–2010	Δ	1961–1990	1981–2010	Δ
I	-6,3	-4,1	-2,2	-6,1	-3,9	-2,2	-5,6	-3,5	-2,1	-5,4	-3,5	-1,9
II	-5,2	-3,8	-1,4	-4,9	-3,5	-1,4	-4,5	-3,0	-1,5	-4,3	-2,9	-1,4
III	-0,7	0,6	-1,3	-0,4	0,9	-1,3	0,0	1,3	-1,3	0,1	1,2	-1,1
IV	6,5	7,6	-1,1	7,0	7,7	-0,7	7,1	8,0	-0,9	7,0	7,8	-0,8
V	13,0	13,5	-0,5	13,2	13,6	-0,4	13,4	13,9	-0,5	13,1	13,5	-0,4
VI	16,0	16,2	-0,2	16,2	16,5	-0,3	16,4	16,8	-0,4	16,2	16,3	-0,1
VII	17,1	18,3	-1,2	17,3	18,5	-1,2	17,6	18,8	-1,2	17,4	18,4	-1,0
VIII	16,5	17,5	-1,0	16,5	17,4	-0,9	16,9	17,9	-1,0	16,7	17,6	-0,9
IX	12,1	12,3	-0,2	12,0	12,2	-0,2	12,4	12,7	-0,3	12,4	12,6	-0,2
X	6,7	7,1	-0,4	6,9	7,1	-0,2	7,2	7,5	-0,3	7,2	7,5	-0,3
XI	1,3	1,3	0,0	1,7	1,5	0,2	1,9	1,8	0,1	2,0	1,9	0,1
XII	-3,2	-2,9	-0,3	-2,9	-2,7	-0,2	-2,6	-2,3	-0,3	-2,4	-2,2	-0,2
Зима	-4,9	-3,6	-1,3	-4,6	-3,4	-1,2	-4,2	-2,9	-1,3	-4,0	-2,9	-1,1
Весна	6,2	7,2	-1,0	6,6	7,4	-0,8	6,8	7,7	-0,9	6,7	7,5	-0,8
Лето	16,5	17,3	-0,8	16,7	17,5	-0,8	17,0	17,8	-0,8	16,8	17,4	-0,6
Осень	6,7	6,9	-0,2	6,8	6,9	-0,1	7,2	7,3	-0,1	7,2	7,3	-0,1
Год	6,2	7,0	-0,8	6,4	7,1	-0,7	6,7	7,5	-0,8	6,7	7,4	-0,7
	Высокое			Полесская			Брест			Пинск		
	1961–1990	1981–2010	Δ	1961–1990	1981–2010	Δ	1961–1990	1981–2010	Δ	1961–1990	1981–2010	Δ
I	-4,9	-3,1	-1,8	-6,0	-4,0	-2,0	-4,5	-2,6	-1,9	-5,7	-3,4	-2,3
II	-3,7	-2,4	-1,3	-4,6	-3,5	-1,1	-3,2	-1,9	-1,3	-4,4	-2,8	-1,6
III	0,6	1,6	-1,0	-0,1	0,9	-1,0	1,1	2,2	-1,1	0,1	1,6	-1,5
IV	7,2	8,0	-0,8	7,0	7,7	-0,7	7,7	8,7	-1,0	7,6	8,5	-0,9
V	13,1	13,8	-0,7	13,0	13,4	-0,4	13,7	14,5	-0,8	13,7	14,4	-0,7
VI	16,3	16,5	-0,2	15,9	16,3	-0,4	16,8	17,1	-0,3	16,5	17,1	-0,6
VII	17,5	18,6	-1,1	17,0	18,2	-1,2	18,0	19,3	-1,3	17,6	19,1	-1,5
VIII	16,8	17,8	-1,0	16,1	17,2	-1,1	17,4	18,5	-1,1	16,9	18,2	-1,3
IX	12,7	12,8	-0,1	11,8	12,1	-0,3	13,1	13,4	-0,3	12,6	13,0	-0,4
X	7,6	7,8	-0,2	6,5	6,9	-0,4	7,9	8,3	-0,4	7,2	7,7	-0,5
XI	2,3	2,3	0,0	1,7	1,4	0,3	2,7	2,7	0,0	1,9	1,9	0,0
XII	-2,1	-1,8	-0,3	-2,8	-2,8	0,0	-1,7	-1,3	-0,4	-2,6	-2,2	-0,4
Зима	-3,5	-2,4	-1,1	-4,5	-3,4	-1,1	-3,1	-1,9	-1,2	-4,2	-2,8	-1,4
Весна	6,9	7,8	-0,9	6,7	7,3	-0,6	7,5	8,5	-1,0	7,1	8,2	-1,1
Лето	16,9	17,6	-0,7	16,3	17,2	-0,9	17,4	18,3	-0,9	17,0	18,1	-1,1
Осень	7,5	7,6	-0,1	6,6	6,8	-0,2	7,9	8,1	-0,2	7,2	7,5	-0,3
Год	6,9	7,7	-0,8	6,3	7,0	-0,7	7,4	8,2	-0,8	6,8	7,8	-1,0

Примечание. Знак «минус» в значениях разности (Δ) указывает на повышение температур, «плюс» – на их понижение во второй период (1981–2010 гг.) по сравнению с первым (1961–1990 гг.).

Масштабы отмеченного выше роста среднемесячных температур воздуха в январе несколько отличаются по территории. Так, наибольшее повышение выявлено для станции Пинск (на 2,3 °С), наименьшее – для станции Высокое (на 1,8 °С).

По всем метеостанциям области рост среднемесячных температур воздуха превысил 1 °С, в феврале в среднем составил 1,4, в марте – 1,2 °С, наиболее существенный – в Пинске и Ивацевичах. Масштабы увеличения среднемесячных температур в апреле за 1980–2010 гг. по сравнению с 1961–1991 гг., значения которых в среднем по области составили 0,9 °С, различны. Рост температуры в апреле наименьший в восточной части области – на станциях Ганцевичи и Полесская (0,7 °С), наибольший – на севере области (станция Барановичи, 1,1 °С). В мае в среднем увеличение температур

составило 0,6 °С, изменяясь в диапазоне от 0,4 до 0,8 °С.

Рост температур в летний период произошел прежде всего за счет июля и августа, когда температуры в среднем по области увеличились на 1,2 и 1,0 °С соответственно. В июне климатические нормы изменились менее существенно: от 0,1–0,2 °С на западе области до 0,6 °С в г. Пинске. В июле и августе в Пинске также наблюдался наибольший рост температур, который составил соответственно 1,5 и 1,3 °С.

В осенние месяцы года температура воздуха изменилась несущественно по всем метеостанциям области. При этом если в сентябре и октябре она повысилась в среднем на 0,3 °С, то в ноябре понизилась на 0,1 °С. Ноябрь – единственный месяц в году, когда не произошел рост температур воздуха, даже

наоборот, на ряде станций выявлено уменьшение, хоть и незначительное. В сентябре и октябре наибольший рост температур выявлен в Пинске – на 0,4 и 0,5 °С соответственно, наименее существенный – в Высоком и Пружанах.

Декабрь – единственный зимний месяц, когда не произошло существенного роста среднемесячных температур во второй из рассматриваемых периодов по сравнению с первым. На метеостанции Полесская температура вообще не увеличилась. На остальных метеостанциях произошло повышение на 0,2–0,4 °С.

Выводы

Сравнение применяемых в настоящее время климатических норм годовых, сезонных и месячных температур воздуха по метеостанциям Брестской области за 1981–2010 гг. с используемыми ранее климатическими нормами (1960–1990 гг.) показало, что произошло их значительное увеличение. Это касается как средних годовых температур, которые выросли в среднем на 0,8 °С, так и сезонных. Однако можно выделить внутригодовые и региональные особенности в их изменении. Так, наиболее существенно климатические нормы выросли в зимние (январь и февраль) и летние месяцы (июль и август), наименее – в осенние. Лишь в одном месяце года произошло снижение среднемесячных температур либо они не изменились – в ноябре.

Установлено, что наиболее значительно климатические нормы выросли на метеостанции Пинск, где наблюдается превышение изменения роста температур во все месяцы года над средними по области показателями. Несколько в меньшей степени подобная тенденция характерна для метеостанции Брест. С другой стороны, выявлены метеостанции, где градиент роста среднемесячных температур практически во все месяцы года оказался ниже, чем в среднем по области – это станции Пружаны и Высокое. С учетом наблюдаемых после 2010 г. тенденций дальнейшего роста температур воздуха ожидается, что следующие климатические нормы, которые будут рассчитываться 1990–2020 гг., окажутся выше климатических норм 1980–2010 гг. и значительно выше норм 1960–1990 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь : в 3 т. / под ред. А. И. Бедрицкого. – СПб. ; М. : Летний сад, 2009. – Т. 2 : К–П. – 310 с.
2. Руководящие указания по расчету климатических норм [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения, 2017. – Режим доступа: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4168. – Дата доступа: 19.03.2020.
3. Справочник по климату Беларуси. Температура воздуха и почвы. – Минск, 2017. – Ч. 1. – 85 с.

CHANGES IN THE CLIMATIC NORMS OF AIR TEMPERATURES IN THE TERRITORY OF THE BREST REGION SHELEST T.

The article is devoted to assessing changes in the climatic norms of annual, seasonal and monthly air temperatures that are currently used (1980–2010) compared with the climatic norms used until 2017 (1960–1990) at weather stations in the Brest Region. Intra-annual and spatial features of changes in climatic norms within the Brest region are revealed.

УДК 556.516

ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Т. А. Шелест, А. Н. Полухович

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Посвящена изучению влияния деятельности человека на формирование современной гидрографической сети территории Припятского Полесья. Рассчитана густота речной сети в разные временные периоды. Построены карты, отражающие изменения гидрографической сети за последние столетия.

Припятское Полесье – физико-географический округ Белорусского Полесья в соответствии со схемой физико-географического районирования Беларуси. В пределах его выделяют два района: Ясельдинско-Случская низменность и Средне-припятская низменность.

Современная гидрографическая сеть Припятского Полесья, представленная реками, ручьями, каналами, озерами, болотами, водохранилищами и прудами, принадлежит к бассейнам Балтийского и Черного морей. Водораздел проходит по северу региона.

Гидрографическая сеть Припятского Полесья формировалась на протяжении длительного времени. Помимо природных факторов (климат, состав пород, рельеф) большое влияние на ее формирование оказала деятельность человека.

Цель исследования – рассмотреть становление современной гидрографической сети Припятского Полесья.

Припятское Полесье характеризуется широким распространением болот и заболоченных земель, с которыми связывали ряд проблем этого региона. Так, во время паводков территория затоплялась и люди могли перемещаться только на лодках. Сеять и выращивать растениеводческую продукцию здесь было крайне затруднительно. Кроме того, с болотами были связаны ряд болезней. Все это выступало сдерживающим фактором для социально-экономического развития региона. Поэтому на заболоченных территориях неоднократно стремились провести осушительную мелиорацию, что сопровождалось строительством мелиоративных каналов. В результате произошла существенная трансформация гидрографической сети.

Еще в конце XVIII в. равнинность водоразделов речных систем Припятского Полесья позволила связать их судоходными каналами. Здесь были построены два водораздельных соединительных канала – Королевский (Днепровско-Бугский) и Огинский. Днепровско-Бугский канал соединил реку Припять через Пину и Западный Буг через Мухавец, также использовался как водоприемник мелиоративных систем в его бассейне [1]. Несмотря на то, что каналы были предназначены для транспортных целей, они имели большое мелиоративное значение, так как изменили водный режим прилегающих территорий.

К середине XIX в. Полесье было пересечено каналами во всех направлениях, которые строились прежде всего для сплава леса, но и одновременно осушали прилегающие к ним болота.

Первые крупные работы, позволившие осушить часть территории путем строительства сети искусственных водотоков, были выполнены Западной экспедицией под руководством инженера-геодезиста И. И. Жилинского в 1873–1898 гг. Проводимые экспедицией работы преследовали две главные цели: улучшить естественные сенокосы и леса, а также создать новые водные пути для сплава леса. На основе карты XIX в. [2], созданной в результате экспедиции И. И. Жилинского (рисунок 1), установлено, что протяженность речной сети на территории Припятского Полесья составляла более 3 тыс. км, а протяженность каналов – более 1 тыс. км. Из этого следует, что густота речной сети была около 0,15 км/км².

На территории Припятского Полесья в XIX в. выделялось 16 бассейнов (рисунок 2) [3].

Схема осушения и освоения Полесской низменности, разработанная институтом Белгипроводхоз в 1954 г., предусматривала комплексное использование земельных, водных и других природных ресурсов для целей сельского, водного, рыбного, лесного хозяйства с разработкой мероприятий природоохранного характера. Широкомасштабная мелиорация началась со второй половины 1960-х гг.

Проведен большой объем работ по мелиоративному строительству. Мелиоративные преобразования внесли существенные изменения в естественную гидрографическую сеть. Была нарезана новая сеть каналов, спрямлена значительная часть естественных водотоков, произошло и изменение местоположения истоков и устьев рек, водораздельных линий, построены пруды и водохранилища, созданы системы гидротехнических сооружений для межбассейнового и внутрибассейнового переброса стока.

Для современной гидрографической сети Припятского Полесья общая протяженность рек составляет более 5 тыс. км (рисунок 3). Густота речной сети достигает 0,22 км/км², что в два раза меньше, чем густота речной сети для Беларуси (0,44 км/км²), но выше, чем средняя густота речной сети на низменностях Полесья, которая составляет 0,2 км/км².

Главной рекой Припятского Полесья является Припять. Общее направление течения реки широтное: с запада на восток. От истока до г. Пинска река течет преимущественно с юго-запада на северо-восток. У Пинска Припять поворачивает на восток и течет почти по широтному направлению до г. Мозыря, где меняет свое направление на юго-восток. Форма бассейна Припяти приближается к квадратной с некоторой изрезанностью водораздель-

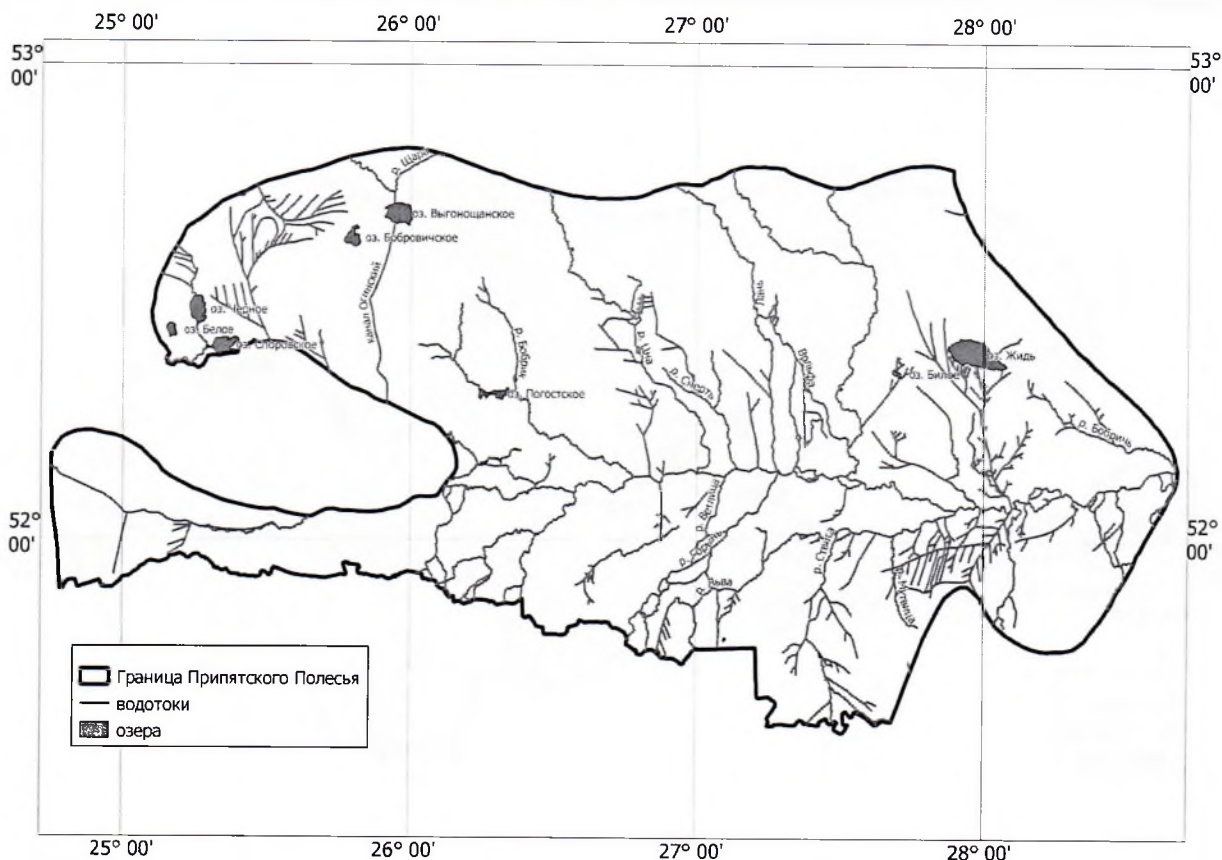


Рисунок 1. – Гидрографическая сеть Припятского Полесья в XIX в.

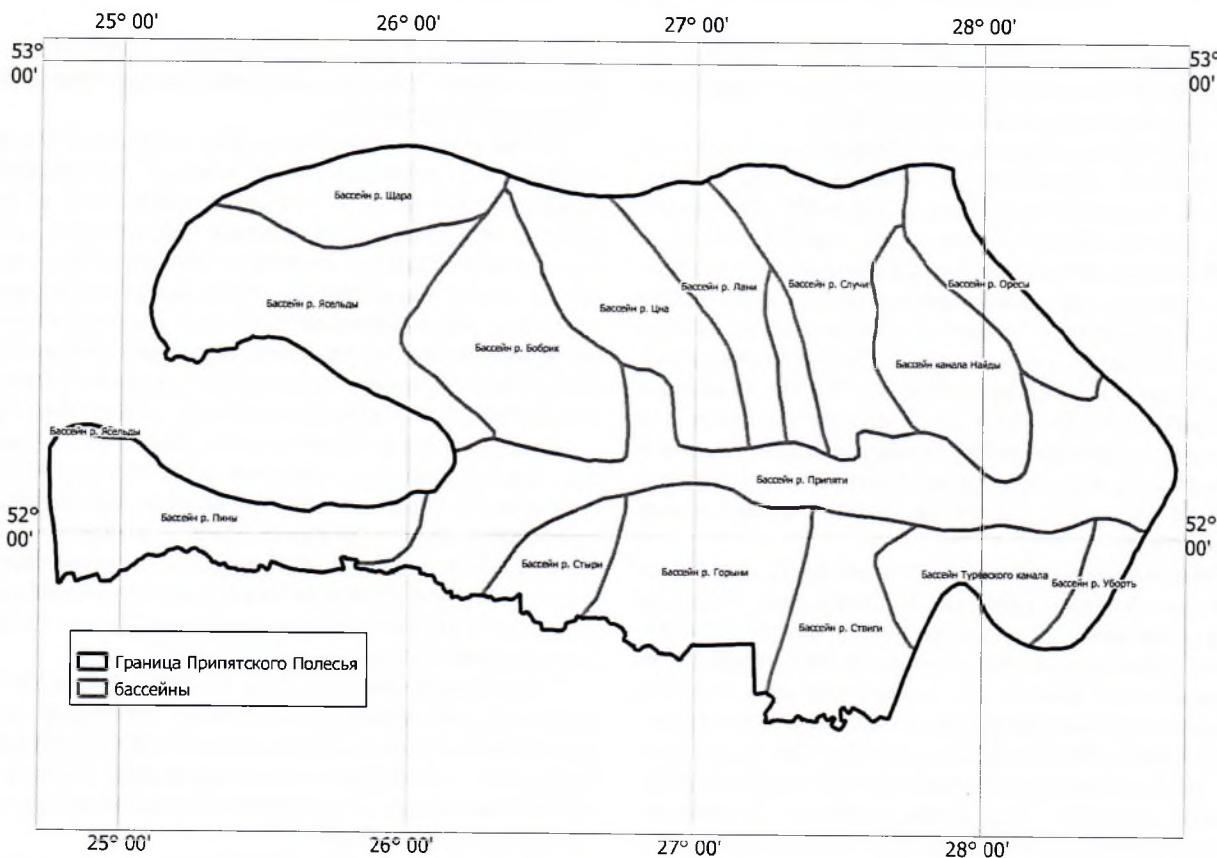


Рисунок 2. – Гидрологические бассейны на территории Припятского Полесья в XIX в.

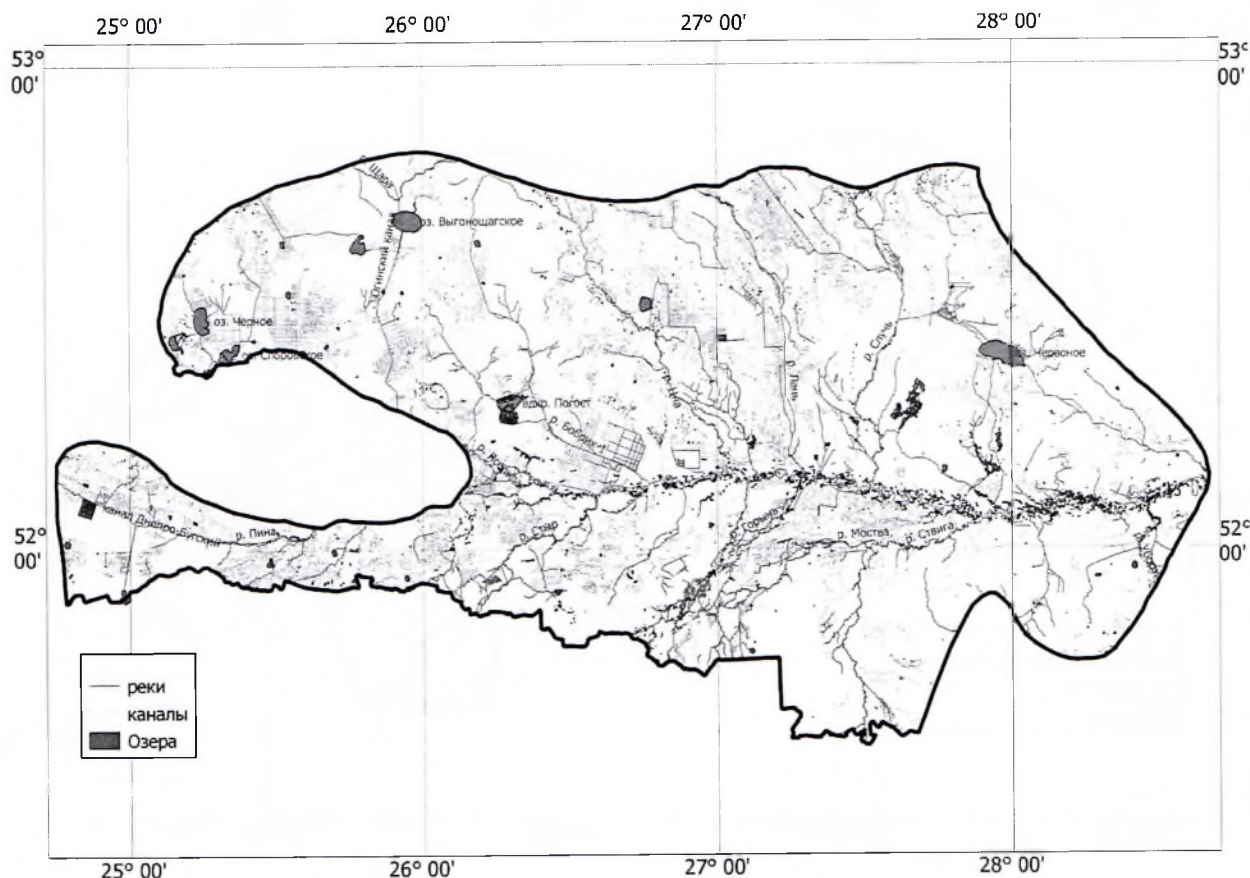


Рисунок 3. – Современная гидрографическая сеть Припятского Полесья

ной линии. Бассейн Припяти расположен на юго-западе Восточно-Европейской равнины в пределах зон смешанных лесов и лесостепи [1].

Наиболее крупными левобережными притоками Припяти являются реки Ясельда, Лань, Случь, Птичь, Пина, Бобрик, Цна, а правобережными – реки Стоход, Горынь, Ствига, Убороть (рисунок 3).

В связи с интенсивным развитием осушительных мелиораций современная гидрографическая сеть Припятского Полесья представлена густой сетью осушительных каналов. Протяженность мелиоративных каналов составляет более 15 тыс. км (рисунок 3). В 1974–1978 гг. в бассейне Припяти был построен судоходный Микашевичский канал длиной 7 км от р. Припять к речному порту Микашевичи для вывоза продукции производственного объединения «Гранит» [1].

Многие реки полностью или частично канализованы – Бобрик, Лань, Пина, Стырь, Цна, Ясельда и др. При канализировании рек их русла углублялись, проводилось выпрямление меандров, в результате чего произошло изменение уклона русла и соответственно увеличение скорости течения рек.

Озера Припятского Полесья отличаются по размерам, внешнему виду, морфометрическим особенностям котловин. Основа их питания – атмосферные осадки и подземные воды. Многие озера дают начало рекам, а также сконцентрированы в долинах рек (старичные озера). Озера-старицы встречаются в долине Припяти и ее притоков. Они имеют неболь-

шие размеры, продолговатую или серповидную форму, малую глубину, широкое распространение водной растительности.

Встречаются одиночные озерные группы. Озера относятся к категории небольших и неглубоких. Наибольшее озеро – Червоное расположено на севере Житковичского района. Типичными для Припятского Полесья являются озера-разливы, которые имеют значительную площадь, мелководные, с низкими заболоченными берегами. Некоторые озера образовались в результате карстовых процессов. Они занимают небольшую площадь, но со значительной глубиной котловин (Вульковское, Соминское) [1].

На территории Припятского Полесья построены водохранилища, которые делятся на речные и наливные. Речные водохранилища образуются водоподпорными сооружениями в долинах рек. Наливные водохранилища строятся на мелиорируемых землях, и вода в них подается с помощью насосов. Некоторые водохранилища созданы путем увеличения площади озер (Погост) [1].

Происхождение родников на этой территории связано с неглубоким залеганием грунтовых вод, расположены они в заболоченных топях [1]. Однако в результате проведения широкомасштабной осушительной мелиорации родники в основном прекратили свое существование.

Таким образом, на формирование современной гидрографической сети Припятского Полесья большое влияние оказала деятельность чело-

века, которая привела прежде всего к увеличению густоты речной сети. Однако осушительная мелиорация проводилась без должного экологического обоснования и соблюдения требований охраны природных комплексов, в результате чего возникли экологические проблемы (чрезмерная сработка торфа, снижение продуктивности мелиорированных земель, проявление пыльных бурь, исчезновение редких видов растений и животных и др.). Исчезли родники, понизился уровень грунтовых вод, пересохла реки. К настоящему времени многие реки-водоприемники и магистральные каналы находятся в неудовлетворительном состоянии.

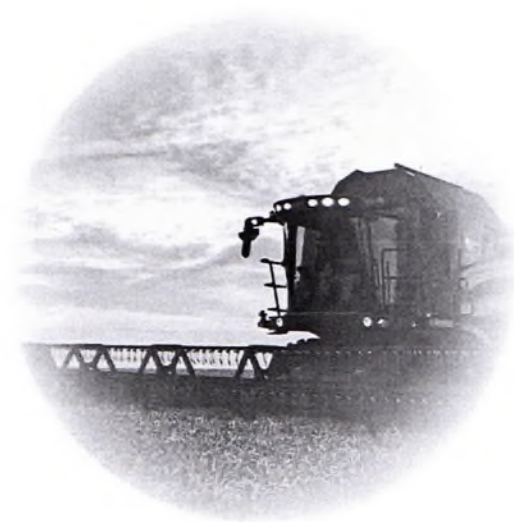
ЛИТЕРАТУРА

1. Природообустройство Полесья : в 4 кн. / под общ. ред. Ю. А. Мажайского [и др.]. – Рязань : Мещер. ф-л ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. – Кн. 1 : Белорусское Полесье, т. 2 : Преобразование и использование природных ресурсов. – 503 с.
2. Гидрографическая карта Полесья по данным 1874–1898 годов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etomesto.ru/karta4722/>. – Дата доступа: 14.04.2020.
3. Карта бассейна Припяти и ее притоков по данным 1874–1898 годов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etomesto.ru/karta4720/>. – Дата доступа: 14.04.2020.

FORMATION OF THE MODERN HYDROGRAPHIC NETWORK OF PIPYATSK POLESYA SHELEST T., POLYUKHOVICH A.

The article is devoted to the study of the influence of human activity on the formation of a modern hydrographic network of the territory of Pripjat Polesie. The density of the river network in different time periods is calculated. Maps were constructed reflecting changes in the hydrographic network over the past centuries.

СЕЛЬСКАЯ ГАСПАДАРКА



УДК 633.2/3: 636

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОРМОВ, ЗАГОТОВЛЕННЫХ ХОЗЯЙСТВАМИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА БРЕСТСКОГО РАЙОНА

Е. Г. Артемук^{1,2}, Т. И. Новикова², Р. В. Чепрасов¹

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Дается комплексная оценка питательной ценности растительных кормов, заготовленных хозяйствами агропромышленного комплекса Брестского района в 2014–2019 гг. Наличие данных зоотехнического анализа кормов позволяет составить полноценные и сбалансированные рационы кормления сельскохозяйственных животных.

Введение

Успешное развитие животноводства целиком зависит от состояния кормовой базы для животных. Рациональное кормление является важнейшим фактором направленного воздействия на продуктивность животных, повышение качества животноводческой продукции при наименьших затратах на ее получение. Полноценное кормление – это необходимое условие для предотвращения различных болезней, нарушений функций воспроизводства, повышения устойчивости организма к внешним воздействиям. Большинство ученых и практических работников придерживается мнения, что продуктивность сельскохозяйственных животных на 70–80 % зависит от качества кормления и содержания, и лишь только на 20–30 % от генетических факторов. Только при научно-обоснованном полноценном кормлении можно успешно реализовать наследственные качества животного [1].

Для организации полноценного кормления животных наряду с созданием прочной кормовой базы необходима детальная характеристика качества кормов, заготавливаемых сельскохозяйственными предприятиями. Несоответствие корма зоотехническим требованиям влечет за собой не только снижение продуктивности животных, но и существенно уменьшает продуктивное долголетие молочного скота. Низкий уровень кормления животных в сочетании с неудовлетворительным качеством кормов ведут к их перерасходу и значительному удорожанию продукции.

Методика и объекты исследования

Для изучения химического состава и питательной ценности растительных кормов проведен зоотехнический анализ силоса кукурузного молочно-восковой и восковой спелости зерна, а также сенажа из злаково-бобовых и многолетних злаковых трав. Для этого были взяты образцы кормов, заготовленные в 2015–2019 гг. на предприятиях агропромышленного комплекса Брестского района: ОАО «Комаровка», ОАО «СГЦ Западный», ОАО «Агро-сад Рассвет», ОАО «За Мир».

Исследования были проведены в секторе качества кормов Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси по общепринятым методикам зоотехнического анализа и в соответствии с действующими ГОСТами. Содержание сухого ве-

щества определяли по ГОСТ 27548–97, содержание сырой клетчатки, азота (протеина), сахара и нитратов – в соответствии с ГОСТ 13496.2–91, 13496.4–93, 26176–91 и 13496.1–93. Питательность кукурузного силоса и сенажа определяли по СТБ 1223–2000 и ГОСТ 23637–90 соответственно.

Результаты и их обсуждение

Для обеспечения сельскохозяйственных животных круглый год свежими и консервированными высококачественными грубыми и сочными кормами наряду с использованием зеленых кормов в хозяйствах агропромышленного комплекса ведется заготовка сенажа и силоса.

Силос является одним из основных видов консервирования сочных кормов. Содержание сухого вещества в силосе значительно влияет на его эффективность при потреблении животными. Следовательно, чем выше количество сухого вещества в растениях, тем больше в силосе содержится энергии. При снижении качества силоса уменьшается кормовая ценность всего рациона для скота, так как эти недостатки нельзя компенсировать дополнительным введением в рацион концентрированных кормов [2].

Данные по составу и питательности кормов, заготовленных хозяйствами агропромышленного комплекса Брестского района представлены в таблицах 1–4.

Содержание сухого вещества в силосах ниже, чем в сенажах. Среднее содержание сухого вещества в исследуемых кормах составляет: в кукурузном силосе молочно-восковой спелости – 30,6 %, в кукурузном силосе восковой спелости – 31,5 %, в злаково-бобовом сенаже – 47,8 %, в сенаже из многолетних трав – 46,8 %.

В кормах по Брестскому району содержание обменной энергии в сухом веществе в среднем составляет: кукурузный силос молочно-восковой и восковой спелости зерна – 9,8 МДж/кг, сенаж злаково-бобовый – 9,2 МДж/кг, сенаж из многолетних злаковых трав – 8,8 МДж/кг.

Одним из основных показателей питательной ценности кормов является содержание кормовых единиц в 1 кг натурального корма. По наличию кормовых единиц в 1 кг натурального корма, заготовленного в сельхозпредприятиях Брестского района средние значения следующие: силос ку-

Таблица 1. – Химический состав и питательность кормов, заготовленных ОАО «Комаровка» Брестского района

Вид корма	Сухое в-во, %	Клетчатка, %	Протеин, %	Перевар. протеин, г/кг	Сахара, %	Нитраты, мг/кг	Обм. энергия в сухом в-ве	Корм. ед. в сухом в-ве	Корм. ед. в натуральном корме
Силос кукурузный молочно-восковой спелости	<u>20.0–40.2*</u> 30,8**	<u>14.0–32.6</u> 21,7	<u>9.3–13.9</u> 10,3	<u>12.2–21.4</u> 17,8	<u>0.4–1.4</u> 0,8	<u>107–1072</u> 404	<u>9.3–10.2</u> 9,9	<u>0.86–0.94</u> 0,90	<u>0.18–0.34</u> 0,27
Силос кукурузный восковой спелости	<u>19.5–46.4</u> 33,6	<u>13.0–28.6</u> 19,8	<u>5.8–18.9</u> 9,4	<u>9.9–29.8</u> 16,84	<u>0.4–7.6</u> 1,4	<u>45–1556</u> 417	<u>9.5–10.3</u> 9,9	<u>0.85–0.93</u> 0,89	<u>0.17–0.42</u> 0,29
Сенаж (злаково-бобовый)	<u>27.1–57.8</u> 42,42	<u>27.7–27.9</u> 27,8	<u>11.6–11.8</u> 11,7	<u>16.7–36.2</u> 26,4	<u>8.4–8.5</u> 8,5	<u>123–459</u> 291	8,8	<u>0.63–0.64</u> 0,64	<u>0.17–0.37</u> 0,27
Сенаж (многолетние злаковые травы)	<u>18.1–76.1</u> 42,2	<u>19.3–50.2</u> 33,6	<u>6.2–16.4</u> 12,1	<u>6.4–60.6</u> 26,8	<u>1.0–19.9</u> 7,7	<u>12–1383</u> 389	<u>7.3–9.7</u> 8,8	<u>0.44–0.76</u> 0,62	<u>0.09–0.55</u> 0,26

* Пределы колебаний; ** среднее значение показателя.

Таблица 2. – Химический состав и питательность кормов, заготовленных ОАО «СГЦ Западный» Брестского района

Вид корма	Сухое в-во, %	Клетчатка, %	Протеин, %	Перевар. протеин, г/кг	Сахара, %	Нитраты, мг/кг	Обм. энергия в сухом в-ве	Корм. ед. в сухом в-ве	Корм. ед. в натуральном корме
Силос кукурузный молочно-восковой спелости	<u>23.5–41.6*</u> 31,1**	<u>9.2–29.1</u> 21,3	<u>7.6–12.2</u> 9,8	<u>12.5–24.0</u> 16,7	<u>0.4–2.3</u> 1,3	<u>53–1561</u> 685	<u>9.6–10.3</u> 9,8	<u>0.88–0.95</u> 0,91	<u>0.21–0.38</u> 0,29
Силос кукурузный восковой спелости	<u>20.5–35.9</u> 29,8	<u>13.4–42.2</u> 22,2	<u>6.4–13.5</u> 9,2	<u>8.3–23.4</u> 15,1	<u>0.2–7.6</u> 1,6	<u>39–2630</u> 542	<u>9.3–10.1</u> 9,8	<u>0.86–0.92</u> 0,89	<u>0.18–0.32</u> 0,26
Сенаж (злаково-бобовый)	<u>28.0–50.0</u> 40,7	<u>16.4–37.1</u> 28,0	<u>11.9–15.4</u> 13,1	<u>17.8–34.4</u> 28,4	<u>2.2–10.0</u> 6,5	<u>48–339</u> 202	<u>8.7–10.2</u> 9,2	<u>0.61–0.85</u> 0,69	<u>0.17–0.33</u> 0,28
Сенаж (многолетние злаковые травы)	<u>29.9–69.6</u> 48,0	<u>24.8–39.2</u> 32,1	<u>9.6–19.5</u> 13,0	<u>4.5–60.1</u> 29,3	<u>1.1–22.5</u> 9,2	<u>84–1620</u> 383	<u>8.3–10.4</u> 9,1	<u>0.55–0.88</u> 0,66	<u>0.16–0.52</u> 0,32

Таблица 3. – Химический состав и питательность кормов, заготовленных ОАО «Агро-сад Рассвет» Брестского района

Вид корма	Сухое в-во, %	Клетчатка, %	Протеин, %	Перевар. протеин, г/кг	Сахара, %	Нитраты, мг/кг	Обм. энергия в сухом в-ве	Корм. ед. в сухом в-ве	Корм. ед. в натуральном корме
Силос кукурузный молочно-восковой спелости	<u>24.5–39.8*</u> 30,5**	<u>16.8–25.9</u> 20,2	<u>6.6–9.6</u> 7,8	<u>9.3–17.1</u> 13,0	<u>0.2–4.0</u> 1,1	<u>173–813</u> 436	<u>9.6–9.9</u> 9,8	<u>0.88–0.91</u> 0,90	<u>0.22–0.36</u> 0,27
Силос кукурузный восковой спелости	32,3	15,3	7,5	13,3	1,7	619	9,8	0,89	0,29
Сенаж (злаково-бобовый)	<u>45.7–77.9</u> 57,8	<u>28.2–29.6</u> 28,9	<u>11.9–14.8</u> 13,7	<u>35.9–49.1</u> 40,9	<u>10.9–18.5</u> 13,5	<u>323–1402</u> 703	<u>8.9–9.5</u> 9,2	<u>0.64–0.73</u> 0,69	<u>0.33–0.50</u> 0,39
Сенаж (многолетние злаковые травы)	<u>33.9–71.0</u> 51,4	<u>26.7–37.5</u> 32,1	<u>8.2–15.6</u> 12,4	<u>14.7–47.2</u> 34,3	<u>3.4–30.7</u> 13,9	<u>254–1085</u> 548	<u>8.0–9.5</u> 8,9	<u>0.52–0.72</u> 0,64	<u>0.18–0.45</u> 0,34

Таблица 4. – Химический состав и питательность кормов, заготовленных ОАО «За Мир» Брестского района

Вид корма	Сухое в-во, %	Клетчатка, %	Протеин, %	Перевар. протеин, г/кг	Сахара, %	Нитраты, мг/кг	Обм. энергия в сухом в-ве	Корм. ед. в сухом в-ве	Корм. ед. в натуральном корме
Силос кукурузный молочно-восковой спелости	<u>26.3–36.1*</u> 29,8**	<u>17.0–21.8</u> 19,6	<u>7.9–9.4</u> 8,3	<u>11.4–16.4</u> 13,9	<u>0.4–1.5</u> 0,88	<u>95–225</u> 155	<u>9.7–10.0</u> 9,9	<u>0.89–0.92</u> 0,9	<u>0.23–0.34</u> 0,28
Силос кукурузный восковой спелости	<u>29.9–31.1</u> 30,5	<u>17.0–20.7</u> 19,3	<u>7.4–8.9</u> 8,2	<u>12.7–14.9</u> 13,8	<u>0.5–1.6</u> 0,9	<u>45–347</u> 222	<u>9.8–9.9</u> 9,8	<u>0.88–0.89</u> 0,88	<u>0.26–0.28</u> 0,27
Сенаж (злаково-бобовый)	<u>34.7–66.1</u> 50,3	<u>22.9–38.1</u> 29,9	<u>7.8–19.5</u> 15,0	<u>14.7–53.6</u> 41,0	<u>5.6–8.5</u> 7,6	<u>117–1262</u> 686	<u>8.0–10.5</u> 9,5	<u>0.51–0.9</u> 0,73	<u>0.18–0.48</u> 0,37
Сенаж (многолетние злаковые травы)	<u>44.9–45.9</u> 45,4	<u>40.0–42.8</u> 41,4	<u>6.9–7.4</u> 7,1	<u>16.3–18.0</u> 17,2	<u>13.5–23.7</u> 18,6	<u>156–229</u> 192	<u>7.6–9.7</u> 8,7	<u>0.47–0.48</u> 0,48	<u>0.21–0.22</u> 0,22

курузный (фаза молочно-восковой спелости) – 0,28 корм. ед.; силос кукурузный (фаза восковой спелости) – 0,28 корм. ед.; сенаж злаково-бобовый – 0,33 корм. ед.; сенаж из многолетних злаковых трав – 0,28 корм. ед.

Не менее важным показателем качества кормов является переваримость протеина. По этому параметру сенаж превосходит силос почти в два раза. Так, средний показатель переваримости протеина по всем исследуемым хозяйствам для кукурузного силоса молочно-восковой спелости составляет 15,3 г/кг, кукурузного силоса восковой спелости – 14,8 г/кг, злаково-бобового сенажа – 34,1 г/кг, сенажа из многолетних злаковых трав – 26,9 г/кг.

Содержание сахаров в силосах низкое. Среднее значение для кукурузного силоса молочно-восковой спелости – 1,02 %, для силоса восковой спелости – 1,39 %. Сенаж значительно превосходит силос по содержанию сахара: среднее значение для злаково-бобового сенажа – 9,0 %, для сенажа из многолетних злаковых трав – 12,3 %. Большее содержание сахаров в сенаже связано с тем, что в нем лучше сохраняются углеводы, чем в силосе. В силосе почти весь сахар в результате брожения превращается в кислоту, а в сенаже сохраняется не менее половины сахара.

Средние значения содержания нитратов в исследуемых образцах по всем хозяйствам следующие: в кукурузном силосе молочно-восковой спелости – 420,0 мг/кг, в кукурузном силосе восковой спелости – 449,8 мг/кг, в злаково-бобовом сенаже – 470,5 мг/кг. Несколько ниже содержание нитратов в сенаже из многолетних злаковых трав – 378,0 мг/кг.

Однако в каждом из исследованных хозяйств Брестского района имеются образцы кормов (силоса и сенажа), которые содержат количество нитратов выше предельно-допустимой концентрации (500 мг/кг), установленной Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [3]. Так, высокое содержание нитратов в кормах ОАО «СГЦ Западный» Брестского района: в силосе молочно-восковой спелости – 1561 мг/кг, в силосе

восковой спелости – 2630 мг/кг, в сенаже из многолетних злаковых трав – 1620 мг/кг. В ОАО «Агро-сад Рассвет» Брестского района высокое содержание нитратов в злаково-бобовом сенаже – 1402 мг/кг. Информация о результатах анализа кормов была предоставлена сельхозпредприятиям для принятия мер по снижению количества нитратов в кормах для сельскохозяйственных животных.

Выводы

Силоса и сенажи, заготовленные сельхозпредприятиями Брестского района, характеризуются высоким содержанием сухого вещества (силос кукурузный – 31,1 %, сенаж – 47,3 %).

По количеству обменной энергии в сухом веществе лучшими показателями обладает кукурузный силос, убранный в фазу молочно-восковой и восковой спелости зерна (в среднем 9,8 МДж/кг). Несколько ниже содержание обменной энергии в сенаже (в среднем 9,0 МДж/кг).

По наличию кормовых единиц в 1 кг натурального корма, силоса кукурузные, заготовленные в сельхозпредприятиях Брестского района характеризуются высокими кормовыми единицами – 0,28 корм. ед., сенажи – 0,31 корм. ед.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шейко, И. П. Основные проблемы и пути развития животноводства / И. П. Шейко // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2006. – № 1. – С. 70–76.
2. Кормление сельскохозяйственных животных : учеб. пособие для студ. высш. учеб. с.-х. заведений по специальностям «Ветеринарная медицина», «Зоотехния» / В. К. Пестис [и др.] ; под ред. В. К. Пестиса. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – 540 с.
3. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок : постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 23 февр. 2018 г., № 33 // Нац. реестр. – 2018. – № 8/32915.

NITRATE CONTENT AND NUTRITIVE VALUE OF FODDER MADE BY FARMS OF THE BREST AREA ARTSIAMUK A., NOVIKAVA T., CHEPRASOV R.

The article provides a comprehensive assessment of nutritive value of fodder made by farms of agricultural industrial complex of the Brest area in 2014–2019. The data of complete zootechnical analysis of fodder make it possible to compose sound and balanced daily diet for stock.

УДК 631.526 (476.7)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Г. А. Камышенко

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Представлены результаты анализа урожайности картофеля в Брестской области и ее устойчивости, выполненного по статистическим данным за 1960–2019 гг., определены тенденции развития процесса. Исследовано современное, начиная с 2000 г., территориальное распределение посевов картофеля в области, выполненное по методике О. Д. Сиротенко посредством расчета коэффициента адаптивности выделенных посевных площадей к почвенно-климатическим условиям.

Введение

Регион Белорусского Полесья, охватывающий южные административные районы Беларуси, начиная со второй половины 1960-х гг., подвергся широкомасштабному мелиоративному освоению. Согласно государственной статистической отчетности, в 1990 г. площадь осушенных сельскохозяйственных земель в республике составляла 2739,9 тыс. га, из них пахотных земель – 1163,3 тыс. га. В 2019 г. посевная площадь на осушенных землях в сельскохозяйственных организациях увеличилась, достигнув 1475,6 тыс. га, при этом в Брестской области составила 358,1 тыс. га (24,3 %). Наибольшие посевные площади на осушенных землях в регионе выделены под кормовые, зерновые и зернобобовые культуры. Картофель на мелиорированных почвах в сельскохозяйственных организациях занимает незначительные площади. Однако эта культура является традиционно важной для Беларуси и в изменяющихся погодно-климатических условиях актуально исследование эффективности использования сельскохозяйственных земель под ее возделывание.

Методика и объекты исследования

Представлены результаты исследования динамики урожайности картофеля в Брестской области и ее устойчивости, полученные на основе статистических материалов Министерства статистики и анализа Республики Беларусь за 1960–2019 гг. Алгоритм расчета коэффициентов устойчивости урожайности культуры включает вычисление среднего квадратического отклонения, коэффициентов вариации и других статистических показателей [1, с. 97]. Размах вариации позволяет в общей форме судить о возможных резервах роста урожайности. Среднее квадратическое отклонение определяет меру абсолютных отклонений фактических показателей урожайности от их динамических норм, вычисленных по уравнению тренда. Коэффициент вариации отражает нормированную на среднее значение урожайности величину отклонения от нормы в процентах. Эффективным средством исследования устойчивости продуктивности культуры на временном интервале как динамического процесса является расчет скользящих средних для определенных периодов, что позволяет исключить из рассмотрения короткопериодные колебания данных и тем самым более наглядно показать характер за-

висимости, а также установить тенденцию развития процесса. Коэффициент устойчивости вычисляется как разница между 100 % и значением коэффициента вариации. Расчеты коэффициентов устойчивости урожайности картофеля, возделываемого в Брестской области, выполнены по 5-летним скользящим периодам.

Оценка эффективности современного территориального распределения посевных площадей под возделывание различных сельскохозяйственных культур Беларуси выполнена по методике, разработанной российским ученым О. Д. Сиротенко [2, с. 84]. Для конкретного года на основе значений рядов урожайности исследуемой культуры и посевных площадей на уровне административных районов рассчитан коэффициент адаптивности, учитывающий почвенно-климатические условия сельскохозяйственной территории. При расчетах используется формула:

$$k = 1 + r_{YS} V_Y V_S,$$

где k – коэффициент адаптивности посевных площадей под культуру к почвенно-климатическим условиям; r_{YS} – коэффициент корреляции между урожайностью культуры и размером посевных площадей; V_Y – коэффициент вариации ряда данных по урожайности культуры; V_S – коэффициент вариации ряда данных по посевным площадям.

Низкие значения коэффициента r_{YS} и близкие к 1 значения коэффициента k свидетельствуют об отсутствии адаптации выделенных посевных площадей под культуры к почвенным и погодным условиям. Значение $k < 1$ говорит о контрадаптивном распределении посевов культуры.

Расчеты выполнены для временного интервала 2000–2019 гг.

Результаты и их обсуждение

Изменчивость основных агроклиматических показателей, отражающих количественные связи роста, развития, состояния и продуктивности культуры с факторами климата, оказывает значительное влияние на устойчивость продуктивности аграрного производства. Трендовая составляющая во временных рядах урожайности культуры связана с агротехникой и показывает в целом достаточно устойчивую тенденцию, отклонения от тренда рассматриваются как климатообусловленные колебания. На рисунке 1 представлена динамика урожайности картофеля

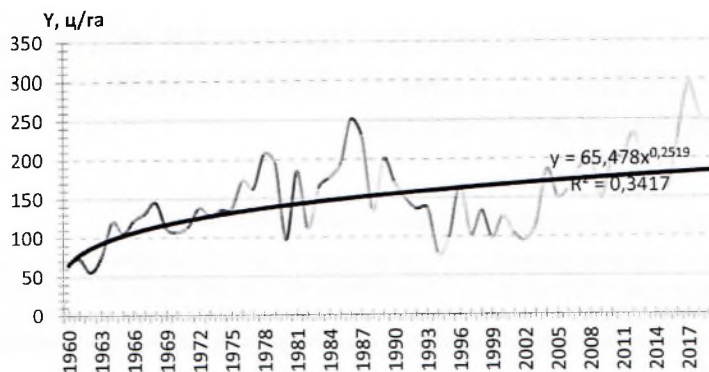


Рисунок 1. – Динамика урожайности картофеля в сельскохозяйственных организациях Брестской области с трендовой составляющей

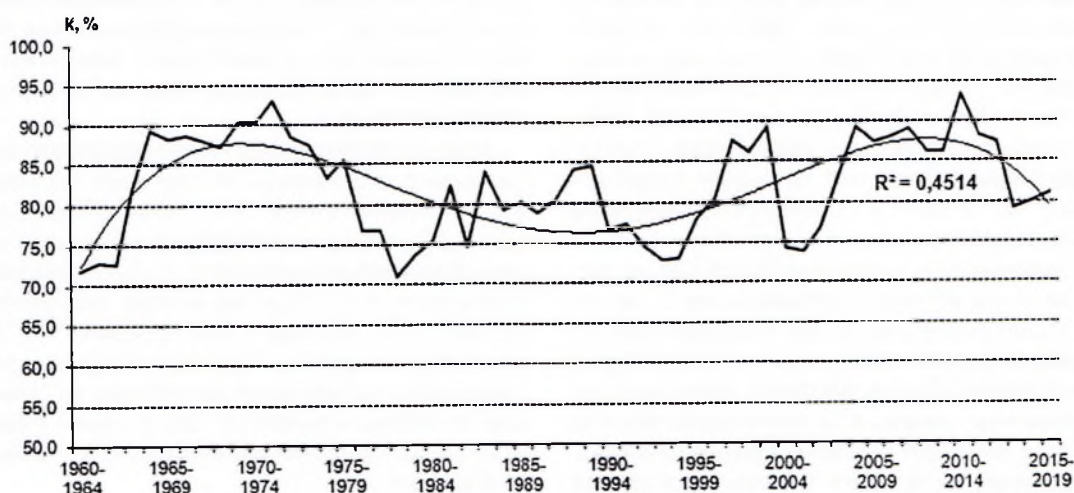


Рисунок 2. – Динамика устойчивости урожайности картофеля в Брестской области с трендовой составляющей (1960–2019 гг.)

в сельскохозяйственных предприятиях Брестской области с 1960 по 2019 г., дополненная степенной трендовой составляющей.

В целом отмечается положительная динамика урожайности картофеля в Брестской области. Разделив исследуемый временной интервал (60 лет) на три равных отрезка, получаем, что с 1960 по 1979 г. среднее значение урожайности картофеля в области равнялось 125 ц/га, в 1980–1999 гг. – 151 ц/га, в 2000–2019 гг. – 185 ц/га, т. е. наблюдается поступательный рост.

В период потепления климата, начиная с 1989 г., среднее значение продуктивности картофеля в Брестской области составило 167 ц/га, что превысило аналогичный показатель предшествующего исследуемого интервала на 28 ц/га. В отдельные годы отмечаются спады урожайности культуры, обусловленные в значительной степени проявлением экстремальных погодных условий. Так, спад продуктивности картофеля в 2002 г. связан с засухами (140 дней), охватившими всю территорию области [3, с. 141].

Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2019 № 800, на 2020–2024 гг. определен перечень районов, относящихся к неблагоприятным для производства сельско-

хозяйственной продукции. Неблагоприятным для производства сельхозпродукции признается район, на территории которого в связи с природно-климатическими, почвенными, экологическими и социально-экономическими показателями (факторами) организация высокорентабельного производства не представляется возможной. В указанный перечень внесено 66 районов республики, включая 5 районов Брестской области (Ганцевичский, Ивановский, Лунинецкий, Пинский и Столинский). Эти районы подверглись значительной осушительной мелиорации. В ходе ранее выполненного анализа финансовой устойчивости / неустойчивости сельскохозяйственных организаций области нами были выделены районы, характеризующиеся высокой прибылью от хозяйственной деятельности и финансовой устойчивостью (Барановичский, Брестский и Каменецкий районы), а также низкопродуктивные, располагающиеся на востоке области (Ганцевичский, Лунинецкий, Пинский), отличающиеся низкой эффективностью ведения сельскохозяйственной деятельности, убыточной без господдержки [4, с. 104], что в основном согласуется с представленной выше информацией. Однако следует отметить, что в сельскохозяйственных организациях Ивановского района целесообразно выращивать

Таблица. – Степень адаптации посевных площадей под картофель к почвенно-климатическим условиям Брестской области

Год	V_s	V_y	r_{ys}	k	Год	V_s	V_y	r_{ys}	k
2000	0,45	0,24	0,02	1,02	2010	0,56	0,23	0,37	1,05
2001	0,52	0,20	-0,19	0,98	2011	0,53	0,22	0,10	1,01
2002	0,53	0,27	-0,25	0,96	2012	0,52	0,20	0,22	1,02
2003	0,51	0,25	-0,07	0,99	2013	0,53	0,25	0,39	1,05
2004	0,49	0,22	-0,10	0,99	2014	0,54	0,24	0,14	1,02
2005	0,48	0,28	0,09	1,01	2015	0,56	0,27	0,06	1,01
2006	0,61	0,26	0,06	1,01	2016	0,58	0,28	0,59	1,10
2007	0,67	0,26	0,38	1,07	2017	0,67	0,26	0,46	1,08
2008	0,66	0,22	0,21	1,03	2018	0,83	0,30	0,47	1,12
2009	0,63	0,21	0,05	1,01	2019	0,87	0,34	0,41	1,12

картофель, поскольку он отличается высокой урожайностью и стабильностью.

Устойчивое развитие растениеводства напрямую зависит от климатических изменений и особенностей погодных условий территории. На рисунке 2 показаны рассчитанные по 5-летним скользящим периодам значения коэффициентов устойчивости урожайности картофеля в Брестской области за 1960–2019 гг.

Трендовая полиномиальная составляющая 4-й степени подчеркивает волнообразный характер изменчивости значений коэффициента устойчивости продуктивности картофеля, возделываемого в Брестской области. Среднее значение коэффициента устойчивости на исследуемом временном интервале составило $k = 82,3$, что соответствует допустимой колеблемости. В последние годы наблюдается его снижение, обусловленное ростом урожайности культуры.

В таблице представлена оценка эффективности территориального распределения посевов картофеля в Брестской области. Ранее нами были выполнены расчеты для более широкого перечня сельскохозяйственных культур, возделываемых в области в 2000–2013 гг. [5, с. 118].

С 2001 по 2004 г. установлена отрицательная корреляция урожайности культуры с размерами посевных площадей, свидетельствующая о контрадаптивном распределении посевов. При значительных выделенных посевных площадях в 2001–2003 гг. урожайность картофеля оказалась самой низкой на всем исследованном временном интервале. Несмотря на низкий коэффициент адаптивности посевных площадей под культуру к земельно-климатическим условиям в 2004 г., урожайность картофеля не пострадала, что можно объяснить тем, что этот год отличался благоприятными условиями для возделывания практически всех культур. В Брестской области до 2015 г. включительно отмечается низкая степень адаптации выделенных посевных площадей к почвенно-климатическим ус-

ловиям, в последующие четыре года – высокие значения данного показателя.

Выводы

С 1960 по 2019 г. в Брестской области отмечается допустимая колеблемость устойчивости продуктивности картофеля, при этом выявлена низкая степень адаптации выделенных посевных площадей к почвенно-климатическим условиям, повысившаяся в последние годы. Таким образом, после 2015 г. в сельскохозяйственных организациях Брестской области сложилась благоприятная ситуация относительно территориального распределения посевных площадей под картофель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камышенко, Г. А. Анализ устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси (на примере озимой пшеницы и картофеля) / Г. А. Камышенко // Природопользование : сб. науч. тр. – Минск, 2010. – Вып. 18. – С. 97–102.
2. Сиротенко, О. Д. Агрометеорологические аспекты оптимизации использования земельных ресурсов / О. Д. Сиротенко, В. Н. Павлова // Метеорология и гидрология. – М., 2000. – № 12. – С. 84–95.
3. Сачок, Г. И. Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко. – Минск : Белорус. наука, 2006. – 243 с.
4. Камышенко, Г. А. Территориальный анализ эффективности сельскохозяйственного производства Брестской области / Г. А. Камышенко // Природная среда Полесья и устойчивое развитие агропромышленного комплекса региона : материалы VI Междунар. науч. конф., Брест, 12–14 сент. 2012 г. – Брест, 2012. – С. 102–105.
5. Камышенко, Г. А. Оценка эффективности территориального распределения посевов сельскохозяйственных культур в Брестской области / Г. А. Камышенко // Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития : материалы VII Междунар. научн. конф., Брест, 10–12 сент. 2014 г. – Брест, 2014. – С. 117–119.

STATYSTICAL ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF THE AGRICULTURAL LANDS OF BREST REGION DURING POTATO CULTIVATION KAMYSHENKA H.

The results of the analysis of potato yield in Brest region and its stability which was carried out on the statistical data from 1960 to 2019 are given in the article, the tendencies of process development are determined. Modern, beginning from 2000, territorial distribution of the sowings of the studied culture in regions, which was done by the method of Sirotenko O. by the calculating of the adaptability coefficient of the allocated cultivated areas to soil and climatic conditions was studied.

УДК 519.22:631.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЖНЕЙШИХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

В. В. Конончук

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Рассматриваются методологические и прикладные аспекты моделирования важнейших параметров внутрихозяйственного землепользования в аграрном производстве в условиях агроэкологических рисков. Изложены теоретические аспекты обоснования важнейших параметров внутрихозяйственного землепользования при проявлении возможных сценариев агроэкологических рисков в контексте достижения максимальной экономической эффективности результативных производственно-экономических показателей.

Введение

Функционирование сельскохозяйственных предприятий в условиях рыночной системы хозяйствования предполагает полную самостоятельность и ответственность, самокупаемость и самофинансирование производства. Отсюда и ориентация на эффективное использование имеющихся земельных ресурсов как важнейшее условие существования всякого предприятия. Необходимой базой эффективного развития экономики, постоянного повышения благосостояния работников, является научное планирование и управление производством.

Процесс управления экономикой базируется на переработке больших объемов информации. С усложнением производства эта тенденция особенно усилилась. В условиях рынка принятие правильных решений – необходимая предпосылка рентабельности производства, поэтому нужны новые технологии обработки информации, новые приемы и методы выработки эффективных решений.

В самой системе принятия решений в условиях проявления рисков важнейшее место принадлежит экономико-математическим методам, как методам, направленным на более эффективное использование различного рода ресурсов, более глубокое понимание социально-экономических процессов.

Результаты и их обсуждение

Моделирование параметров внутрихозяйственного землепользования предполагает важнейшие составляющие: определение оптимальной структуры посевных площадей и моделирование возможной урожайности важнейших культур.

Обоснование оптимальной структуры посевных площадей или проектов внутрихозяйственного землепользования включает множество вопросов, которые необходимо реализовать в процессе решения задач:

1) определить такие параметры размеров отраслей, при которых соотношения как основной, так и дополнительной продукции и отходы производства обеспечивали бы получение дополнительных ресурсов и продукции;

2) обеспечить полное использование ресурсов предприятия.

Значение модели состоит в следующем:

1) модельный объект рассматривается как единое целое – это предполагает пропорциональное и сбалансированное развитие отраслей растениеводства и животноводства;

2) в модели обеспечивается соответствие между производственной программой моделируемого объекта и структурными подразделениями создающими возможность производства;

3) экономико-математическая модель позволяет обосновать с учетом интересов предприятия и его ресурсов возможность привлечения рабочей силы в напряженные периоды, обмена кормов между кооперирующимися предприятиями, закупки животных в других хозяйствах или реализации животных;

4) модель позволяет обосновать виды и количество продукции, которую следует реализовать в сложившихся экономических условиях предприятия при имеющихся производственных ресурсах; при этом размеры, параметры функционирования отраслей, их перечень должны максимально отвечать потенциальным возможностям хозяйства.

При моделировании и обосновании параметров внутрихозяйственного землепользования и практической реализации полученных результатов можно выделить два подхода (рисунок 1).

Решение экономико-математической задачи обоснования параметров внутрихозяйственного землепользования связано с поиском наилучшего варианта развития на основе оптимизации структуры посевных площадей, соответствующего многим критериям эффективности. С одной стороны, эти

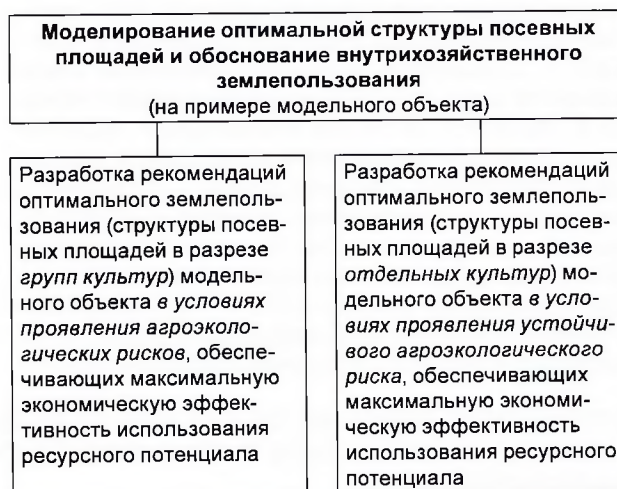


Рисунок 1. – Блок-схема вариантов моделирования параметров внутрихозяйственного землепользования

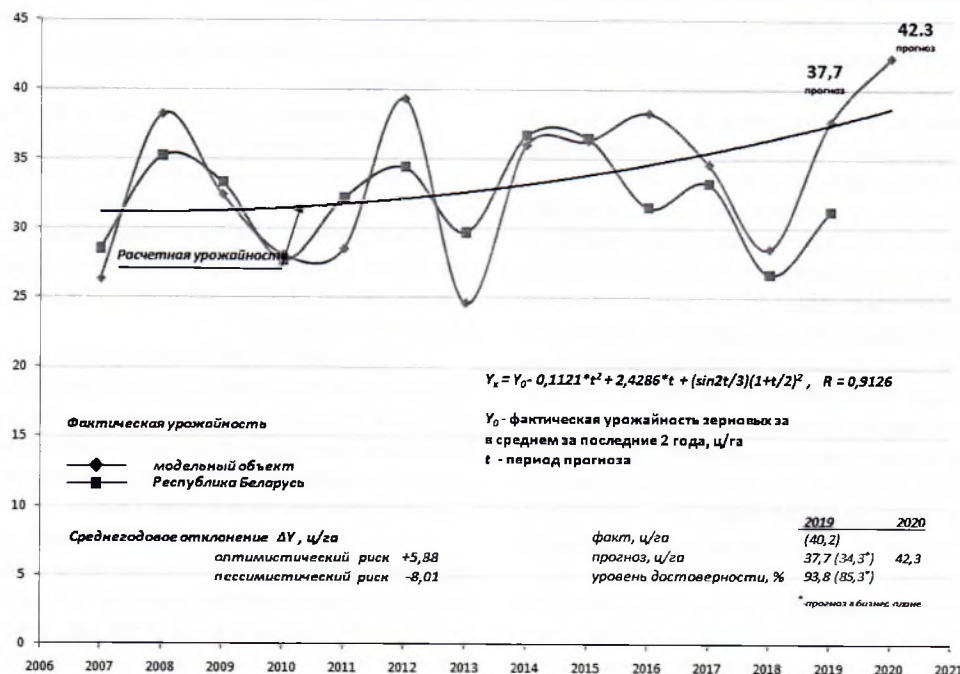


Рисунок 2. – Прогноз урожайности зерновых культур модельного объекта в условиях проявления устойчивого агроэкологического риска

требования обусловлены условиями (ограничениями) задачи, с другой стороны, необходимо записать общие требования к решению, которые выражаются через критерии оптимальности. Критерий оптимальности – это качественная категория, отражающая требования общества в целом и коллектива, применительно к условиям, в которых решается задача, к уровню эффективности использования ресурсов [1].

При решении данной задачи возможно несколько вариантов:

- максимум стоимости товарной продукции;
- минимум затрат на производство продукции;
- максимум прибыли;

отношение выручки от реализации к себестоимости продукции (максимум рентабельности).

При моделировании важнейших параметров внутрихозяйственного землепользования на основе математических методов оптимизации расчет показателей исходной информации начинаем с выделения ключевого, генерального ориентира, при помощи которого возможно осуществить прогноз взаимосвязанных показателей. Исследование взаимосвязей показателей на основе эконометрических моделей и теоретические обобщения свидетельствует, что ключевым в прогнозировании оптимальной структуры посевных площадей при обосновании проектов внутрихозяйственного землепользования в условиях проявления агроэкологических рисков является урожайность зерновых культур. При этом урожайность зерновых культур – генеральный ориентир, показатель, в значительной мере отражающий состояние технологии и организации производства модельного объекта.

Влияние природной неопределенности на результаты функционирования аграрного сектора дополняется экономической, что значительно по-

вышает колеблемость показателей, а следовательно, и результатов производства. В связи с этим требуется внесение существенных коррективов в существующие методики применительно к условиям регионального проявления агроэкологических рисков.

Для обоснования возможной урожайности зерновых культур апробировано множество моделей [2–4]. Критерием адекватности моделей к условиям неопределенности являлись условия минимизации отклонений расчетных значений от фактических, максимизации аппроксимации, максимальной и среднеквадратической ошибок регрессии. С учетом изложенного разработана и апробирована на модельном объекте трендовая эконометрическая модель формирования урожайности зерновых культур, выражающая сложившиеся ранее и учитывающая проявляемые новые тенденции формирования показателя (рисунок 2).

Исходя из среднефактических сложившихся за последние годы по модельному объекту отклонений (ΔY) урожайности в соответствующем исходе от устойчивого риска, определена урожайность зерновых по оптимистическому и пессимистическому варианту риска (таблица 1).

Таблица 1. – Расчет прогнозной урожайности зерновых культур в бункерном весе по различным видам агроэкологических рисков модельного объекта

Агроэкологический риск	Прогноз (2020 г.), ц/га
Устойчивый (адаптивный)	42,28
Оптимистический ($\Delta Y = +5,88$)	48,18
Пессимистический (неблагоприятный) ($\Delta Y = -8,01$)	34,29

Урожайность отдельных видов зерновых можно рассчитывать на основе сложившихся за последние годы соотношений между урожайностью отдельных зерновых и средней. При расчете фактических коэффициентов соотношений отдельных зерновых культур вероятности проявления различных агроэкологических рисков не учитываем. Данный подход обусловлен тем, что при различных видах проявления агроэкологических рисков соотношение между отдельными видами зерновых культур сохраняется.

Высокую достоверность в моделировании урожайности зерновых культур обеспечивает применение подхода, основанного на расчете оптимальной и возможной урожайности. Первая, обеспечивает максимальную окупаемость ресурсов, достижима, если положительные тенденции последних лет в сельскохозяйственных предприятиях будут сохранены или усилены. Возможная урожайность, в том числе и превышающая оптимальную, является индивидуальным показателем каждого хозяйства и выражает сложившиеся ранее и проявляемые новые тенденции формирования показателя [5, с. 86].

Для оценки эффективности прогнозирования на основе методов моделирования осуществлен прогноз урожайности зерновых культур в первоначально оприходованной массе (бункерном весе) на основе временных рядов модельного объекта регионального АПК. Про первом варианте осуществлен прогноз, основанный на предложенной эконометрической модели для краткосрочного прогноза в условиях проявления устойчивого агроэкологического риска; при втором варианте – прогноз осуществлен с использованием модели для расчета оптимальной урожайности с учетом среднерегionalной урожайности зерновых за последние годы. Эффективность методов моделирования урожайности зерновых культур в краткосрочном периоде характеризуется данными, представленными в таблице 2.

Таблица 2. – Показатели эффективности прогнозирования урожайности зерновых модельного объекта в условиях проявления устойчивого агроэкологического риска

Год	Прогноз, ц/га		Факт, ц/га	Уровень достоверности, %	
	1-й вариант	2-й вариант		1-й вариант	2-й вариант
2015	34,3	36,9	36,3	95,0	98,4
2016	35,5	41,5	38,3	93,0	93,0
–	–	–	–	–	–
2019	37,7	39,3	40,2	93,8	97,8

Из данных таблицы 2 следует, что использование методов математического моделирования для прогноза урожайности зерновых культур свидетельствует о высокой их эффективности в сравнении с традиционными методами бизнес-планирования. Высокую эффективность прогноза ключевого показателя отражают отклонения фактических значений урожайности зерновых от прогнозируемых значений, которые являются минимальными. Уровень до-

стоверности полученных значений результативного показателя составляет 93,0–98,4 %.

Выводы

1. В условиях проявления агроэкологических рисков и экономической нестабильности, снижения степени влияния материальных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур прогнозирование ключевого показателя – урожайности зерновых следует осуществлять на основе многофакторных и пространственно-временных эконометрических моделей.

2. Учитывая то обстоятельство, что многие факторы-аргументы, оказывающие влияние на формирование урожайности зерновых культур, обладают большой инерционностью, необходимо количественно учесть сложившиеся закономерности, степень и величину их воздействия.

3. Факторы, предопределяющие урожайность зерновых, как правило, являются случайными величинами и подчиняются законам распределения вероятностей, позволяют решать как прямые, так и обратные задачи: разработанные эконометрические модели урожайности зерновых культур определяют значения факторов, при величине которых будет получен тот или иной уровень урожайности. В этом случае применяют метод Монте-Карло [6].

4. Использование методов математического моделирования в прогнозировании урожайности зерновых культур свидетельствует о высокой их эффективности, в сравнении с традиционными методами планирования. Уровень достоверности полученных прогнозов составляет 93,0–98,4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асалханов, П. Г. Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в задачах параметрического программирования / П. Г. Асалханов, Я. М. Иванько, М. Н. Полковская // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 57–66.
2. Леньков, И. И. Экономико-математическое моделирование систем и процессов в сельском хозяйстве / И. И. Леньков. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 304 с.
3. Буховец, А. Г. Анализ и прогнозирование урожайности отдельных зерновых культур / А. Г. Буховец, Е. А. Семин, Г. Г. Голева // Экономическое прогнозирование: модели и методы : материалы IX Международ. науч.-практ. конф. / Воронеж. гос. ун-т. ; под общ. ред. В. В. Давниса, В. И. Тиняковой. – Воронеж, 2013. – С. 107–110.
4. Шубнов, М. Г. Алгоритмы и инструментальные средства нейросетевых технологий моделирования урожайности на основе автокорреляционных функций временных рядов : автореф. дис. ... канд. экон. наук. 08.00.13 / М. Г. Шубнов. – Кисловодск, 2013. – 24 с.
5. Ленькова, Р. К. Модельная программа адаптации аграрных формирований районного АПК к рыночной системе хозяйствования / Р. К. Ленькова. – Горки : Белорус. с.-х. академия, 1998. – 113 с.
6. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / Н. П. Бусленко [и др.]. – М. : Физматгиз, 1962. – 332 с.

**MODELING OF THE MOST IMPORTANT PARAMETERS OF ON-FARM LAND USE
KONONCHUK V.**

Methodological and applied aspects of modeling the most important parameters of on-farm land use in agricultural production in the conditions of agroecological risks are considered. Theoretical aspects of justification of the most important parameters of on-farm land use in the manifestation of possible scenarios of agroecological risks in the context of achieving maximum economic efficiency of productive production and economic indicators are described.

УДК 632.51

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДА МИУРА В ПОСЕВАХ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ

М. А. Пастухова¹, Б. В. Шелюто², З. А. Зайцева¹, Т. И. Новикова¹, С. Н. Михальчук¹

¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь

Впервые изучалась эффективность применения гербицида Миура (Хизалофоп-П-этил, 125 г/л) в посевах сильфии пронзеннолистной первого года жизни. Препарат вносился по всходам культуры в норме 0,5; 0,8; 1 л/га. Установлено, что в посевах сильфии пронзеннолистной высокоэффективно применение данного гербицида при борьбе с однодольными сорняками. Биологическая эффективность гербицида достигает 80–100 %. Гербицид не оказывает подавляющего действия на рост и развитие сильфии пронзеннолистной.

Введение

Сильфия пронзеннолистная является растением-эдификатором, формирует гомеостатические агроценозы долговременного использования ко второму-третьему году жизни. Ежегодный цикл развития в зависимости от почвенно-климатических и сортовых особенностей может варьировать от 126 [1], 150 [2] до 256 [3–5] дней. Генеративные побеги образуются со второго года жизни. Пик урожайности культуры наступает на четвертый год жизни растений. В последующем, на протяжении долголетнего (более 15 лет) использования находится в средневозрастном генеративном состоянии. По [6] сильфия пронзеннолистная сохраняет продуктивность на одном местообитании до 35 лет.

В первый год жизни растений формируется прикорневая розетка листьев (укороченные вегетативные побеги) до 25–30 см высотой, состоящая из 15–25 листьев [3]. Поэтому в этот период крайне важна эффективная защита культуры от сорной растительности. Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси впервые проводит опыты применения гербицидов в посевах сильфии пронзеннолистной. Активное сотрудничество в этом вопросе оказывает АО Фирма «Август», Россия. В результате совместной работы на сильфии пронзеннолистной зарегистрировано 3 гербицида. Два из них (Камелот и Гамбит) почвенного действия, и Миура – гербицид контактного действия. На сегодняшний день продолжается работа по поиску послевсходовых гербицидов широкого спектра действия (однодольные и двудольные сорняки) [7].

Методика и объекты исследования

Поисковый опыт по применению гербицида проводился в 2017 г. на экспериментальном участке «Агробиостанция» г. Брест; регистрационный – в условиях сельскохозяйственного предприятия «ОАО «СГЦ «Западный» (Брестский район). Почва дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая песком на глубине 0,5 м. Содержание гумуса 2,6 %; pH 5,0; P₂O₅ 200 мг/кг; K₂O 150 мг/кг. Посев культуры широкорядный, по схеме 30×70 см. Изучалось действие гербицида Миура, КЭ (Хизалофоп-П-этил, 125 г/л), (АО Фирма «Август», Россия) в посевах сильфии пронзеннолистной первого года жизни, возделываемой в монокультуре. Норма расхода препарата: 0,5; 0,8; 1 л/га. Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га. Контрольным являлся вариант без применения средств защиты и ручной прополки. В опыте

не предусматривалось эталонного варианта, так как на тот момент на культуре не было зарегистрировано ни одного гербицида. Повторность – четырехкратная, площадь опытной делянки 25 м². Обработка культуры проведена согласно регламенту применения гербицида. Опрыскивание почвы делали ранцевыми опрыскивателями после всходов культуры. В статье отражены данные учета количественно-весовым методом на 30-й день после обработки.

Результаты и их обсуждение

Температурный режим вегетационного периода 2017 г. близок по значениям к среднемноголетним показателям. Однако по количеству осадков апрель в 1,8 раза, июнь в 1,5 раз, сентябрь в 1,8 раза превосходит норму. В целом за весь вегетационный период выпало в 1,3 раза больше осадков по сравнению со среднемноголетними значениями (рисунок 1, 2).

По данным ГУ «Брестоблгидромет», 2018 г. в течение всего вегетационного периода отличался гораздо более высокими температурами воздуха. Превышение нормы в апреле было на 4,8 °С, в мае на 3,3 °С, в июне на 2,3 °С, в июле на 1 °С, августе на 2,5 °С. По количеству осадков вегетационный период также превысил средние многолетние значения.

Следует выделить третью декаду июня (в 2,2 раза больше осадков), первую и вторую декаду июля (в 1,5 и 5,3 раза больше соответственно). Однако были отдельные засушливые периоды. Так, в первую декаду июня количество осадков составило 54 % от среднего многолетнего показателя, во вторую декаду – 5 %.

Первый учет сорняков проводили при опрыскивании посевов через 25 дней после посева по всходам культуры и сорняков. Наиболее многочисленными среди однодольных сорняков оказались: ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli*); пырей ползучий (*Elytrigia repens*). Остальные виды однодольных растений встречались единично и не могут быть учтены в опыте. В их числе росичка (*Digitaria ischaemum*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*). Оценка действия препарата через месяц после применения представлена в таблице 1.

В пределах опыта отмечено два вида однодольных сорняков. После применения гербицида наблюдается полная гибель пырея ползучего. По отношению к ежовнику обыкновенному получены также данные высокой эффективности препарата. По отношению к контрольному варианту гибель это-

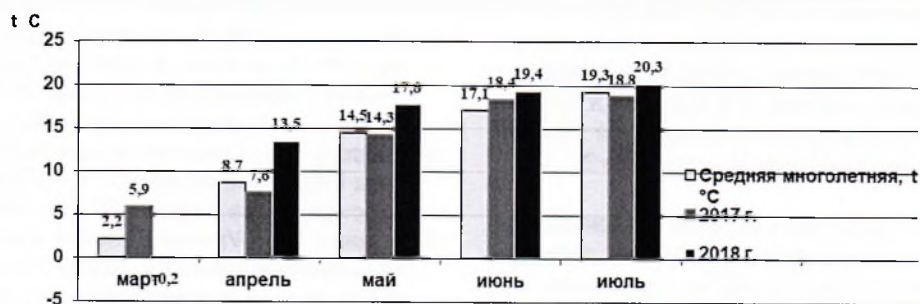


Рисунок 1. – Среднесуточная температура за вегетационный период, °C (2017–2018 гг.).

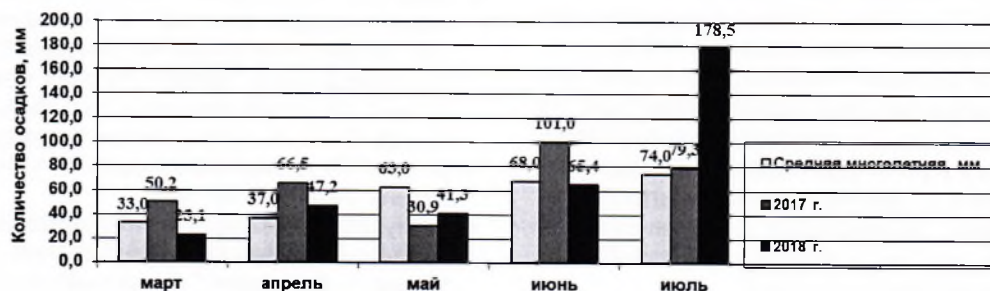


Рисунок 2. – Сумма атмосферных осадков за вегетационный период, мм (2017–2018 гг.).

Таблица 1. – Биологическая эффективность гербицида (учет 25 июля 2017 г. и 10 июля 2018 г.)

Вариант	Гибель сорных растений, % к варианту без применения гербицидов			
	ежовник обыкновенный		пырей ползучий	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Вариант без применения гербицидов*	102	158	17	7
Миура, КЭ – 0,5 л/га	80,0	81,6	100	100
Миура, КЭ – 0,8 л/га	85,5	85,4	100	100
Миура, КЭ – 1 л/га	85,5	87,3	100	100
Вариант	Снижение массы сорных растений, % к варианту без применения гербицидов			
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
	4016	5056		0
Миура, КЭ – 0,5 л/га	87,5	90,5		0
Миура, КЭ – 0,8 л/га	90,5	87,5		0
Миура, КЭ – 1 л/га	94,0	94,0		0

*В варианте без применения гербицидов численность сорных растений – шт/м², масса – г/м².

Таблица 2. – Регламент применения гербицида

Торговое название, препаративная форма, действующее вещество, заявитель	Норма расхода препарата, л/га, кг/га	Культура, обрабатываемые объекты	Вредный организм, заболевание, назначение	Способ, время обработки, ограничения	Максимальная кратность обработок
МИУРА, КЭ (хизалофоп-П-этил, 125 г/л) АО Фирма «Август», Россия	0,4–0,8	Сильфия пронзеннолистная	Однолетние злаковые	Опрыскивание посевов в фазу 2–4 листьев сорняков	1
	0,8–1,0	Сильфия пронзеннолистная	Многолетние злаковые	Опрыскивание посевов при высоте пырея ползучего 10–15 см (в фазу 3–5 листьев) независимо от фазы развития культуры	1

го сорняка в количественном эквиваленте достигает в зависимости от нормы применения препарата по годам исследований от 80,0 до 87,3 %, в весовом – от 87,5 до 94,0 %. Наиболее высокой была гибель ежовника обыкновенного в варианте с нормой расхода препарата 1 л/га в 2017 г., а в 2018 г. с нормой

расхода препарата 0,8 и 1 л/га. Гербицид не оказывал угнетающего действия на рост и развитие сильфии пронзеннолистной.

На основании проведенных исследований проведена государственная регистрация и включение препарата Миура, КЭ в «Государственный реестр

средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» с нормой расхода препарата 0,5; 0,8; 1 л/га для защиты посевов силфий пронзеннолистной [8]. Регламент применения представлен в таблице 2.

Выводы

В результате проведенных исследований выявлено, что при засоренности плантаций силфий пронзеннолистной однодольными сорняками высокоэффективно применение гербицида Миура. Гербицид Миура, КЭ (хизалофоп-П-этил, 125 г/л) вносится после появления всходов культуры в норме расхода 0,5; 0,8; 1 л/га. Гербицид подавляет рост и развитие однолетних сорняков до 80–100 %.

Препарат не оказывает подавляющего действия на рост и развитие силфий пронзеннолистной. На основании исследований проведена государственная регистрация и включение препарата Миура, КЭ в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» для защиты посевов силфий пронзеннолистной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубан, Г. А. Особенности воспроизводства кормовых растений семейства ASTERACEAE в культуре / Г. А. Рубан, К. С. Зайнулина, Ж. Э. Михович // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2015. – № 6. – С. 26–29.
2. Павлов, В. С. Интродукция новых кормовых растений в северной зоне Белоруссии / В. С. Павлов // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники. – Минск, 1981. – Вып. 23. – С. 183–187.
3. Малицкая, Н. В. Интродукция силфий пронзеннолистной на корм в умеренно засушливых условиях Северного Казахстана / Н. В. Малицкая // Кормопроизводство. – 2015. – № 6. – С. 27–31.
4. Емелин, В. А. Силфия пронзеннолистная в условиях Витебской области / В. А. Емелин // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 4. – С. 64–67.
5. Емелин, В. А. Урожай зеленой массы и сроки использования силфий пронзеннолистной в системе зеленого и сырьевого конвейерного кормопроизводства / В. А. Емелин // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 3. – С. 12–14.
6. Савин, А. П. Силфия – перспективная медоносная и кормовая культура / А. П. Савин // Основные направления развития пчеловодства на современном этапе: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию Академии пчеловодства, Рыбное, 23–25 нояб. 2009 г. / Рязан. гос. агротехнолог. ун-т им. П. А. Костычева, Акад. пчеловодства. – Рязань, 2010. – С. 161–164.
7. Пастухова, М. А. Применение гербицида Гамбит в посевах силфий пронзеннолистной / М. А. Пастухова, Б. В. Шелюто // Защита растений. – 2019. – Вып. 43. – С. 66–73.
8. Дополнение к государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (Постановление от 22 декабря 2018 г.) [Электронный ресурс] // Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Режим доступа: https://www.ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение%20общее%2012.2018.pdf. – Дата доступа: 05.04.2020.

APPLICATION OF MIURA HERBICIDE IN CROPS OF SILPHIUM PERFOLIATUM PASTUKHOVA M., SHELYUTO B., ZAITSEVA Z., NOVIKOVA T., MIKHALCHUK S.

For the first time, the effectiveness of the use of the Miura herbicide (Hizalofop-P-ethyl, 125 g / l) in the crops of *Silphium perfoliatum* first year of life was studied. The drug was applied at seedlings of the culture in the norm of 0,5; 0,8; 1 l/ha. It has been established that in the crops of *Silphium perfoliatum*, the application of this herbicide is highly effective in controlling monocotyledonous weeds. The herbicide does not have an overwhelming effect on the growth and development of *Silphium perfoliatum*.

УДК 634.8:632.952 (476)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДА АЗОФОС, 50 % К.С. В НАСАЖДЕНИЯХ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Р. И. Плескацевич, Е. Е. Берлинчик, Е. В. Савостьяник

Институт защиты растений НАН Беларуси, Минский район, аг. Прилуки, Республика Беларусь

Представлены результаты изучения биологической эффективности фунгицида Азофос, 50 % к.с. (1%-ная концентрация) против болезней винограда. Биологическая эффективность фунгицида против болезней на листьях винограда составила: 63,6 % (антракноз) – 78,4 % (милдью) – 100 % (оидиум); против болезней ягод: 65,9 % (антракноз) – 68,5 % (милдью) – 72,2 % (серая гниль).

Введение

В последние десятилетия климат Республики Беларусь изменился, в целом среднегодовая температура воздуха повысилась на несколько градусов. Это позволило успешно выращивать теплолюбивые культуры, такие как виноград. В условиях республики, особенно южной зоне, возможно получение высоких урожаев винограда, которое затруднено из-за поражения культуры комплексом болезней.

Согласно литературным данным, виноград поражается следующими болезнями: милдью (возбудитель – *Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis) Berl. & Toni), оидиум (возбудитель – *Oidium tuckeri* Berk.), антракноз (возбудитель – *Gloeosporium ampelophagum* (Pass.) Sacc.), серая гниль (возбудитель – *Botrytis cinerea* Persoon), черная пятнистость (фомопсис, эскориоз) (возбудитель – *Phomopsis viticola* Sacc.), пятнистый некроз (возбудитель – *Rhacodiella vitis* Stern.), белая гниль (возбудитель – *Coniothyrium diplodiella* (Spegazzini) Saccardo), а также бактериальными и вирусными болезнями [1–3].

Ежегодные потери урожая винограда в мире составляют около 30 %, а при несвоевременном или некачественном проведении защитных мероприятий они достигают более 50 % [2].

Для получения высоких и качественных урожаев винограда требуется проведение фунгицидных обработок [4–6]. В настоящее время в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных для применения на территории Республики Беларусь» включен один фунгицид – Топаз, КЭ против оидиума.

С целью расширения ассортимента фунгицидов, разрешенных для применения на винограде, проведена оценка биологической эффективности фунгицида Азофос, 50 % к.с. (д.в. Аммоний – медь – фосфат/АМФ) против комплекса болезней винограда.

Методика и объекты исследования

Исследования по изучению эффективности фунгицида Азофос, 50 % к.с. против болезней винограда проводили в производственном опыте на плантации винограда РУП «Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция» НАН Беларуси (Гомельская область, Рогачевский район, аг. Довск) в 2019 г. Сорт винограда – Супага, 2014 г. посадки.

Повторность опыта – двукратная (0,25 га), учетная площадь делянок – 60 м², количество учетных растений – 10 [7, 8]. Норма расхода рабочей жидкости – 400 л/га.

Производственный опыт заложен по следующей схеме: вариант 1 – Азофос, 50 % к.с. в норме расхода 4,0 л/га (1%-ная концентрация), вариант 2 – Топаз, КЭ (эталон) в норме расхода 0,5 л/га, вариант 3 – контроль (без обработки).

Фунгициды Азофос, 50 % к.с. и Топаз, КЭ в насаждениях винограда применяли четырехкратно в следующие фазы: выдвигание цветочных кистей (53–54 ВВСН) – первые признаки милдью на листьях, начало цветения (62–63 ВВСН) – первые признаки оидиума и антракноза на листьях, формирование гроздей (74–75 ВВСН) – первые признаки милдью на ягодах, окончание формирования гроздей (79–80 ВВСН) – первые признаки антракноза на ягодах.

Климатические условия вегетационного сезона 2019 г. были благоприятными для развития винограда и возбудителей доминантных болезней.

Результаты и их обсуждение

На основании мониторинга фитосанитарной ситуации насаждений винограда, макро- и микроскопического анализа образцов растений установлено, что в РУП «Гомельская ОСХОС» наиболее вредными болезнями в 2018–2019 гг. являлись: милдью, оидиум, антракноз и серая гниль, распространенность которых составила 15,5–63,4 %.

Первые признаки милдью на листьях винограда сорта Супага отмечены 27 мая в фенофазу «выдвигание цветочных кистей» (распространенность болезни на листьях составила 0,7 %). Климатические условия III декады мая (обильная ночная роса, достаточно высокие ночные температуры, среднесуточная температура воздуха +16,7 °С) способствовали развитию и распространению заболевания.

Первые признаки поражения листьев винограда антракнозом (на всех вариантах) и оидиумом (в контрольном варианте) выявлены в первой декаде июня.

Повышенные температуры воздуха (на 5 °С выше среднемноголетних данных, осадки ниже среднемноголетней нормы) в июне сдержали развитие болезней. На дату учета (25.06) развитие милдью и антракноза на листьях в контрольном варианте не превышало 8,5 и 1,6 % соответственно, в опытном варианте – 0,4 % при распространенности 2,0 % (таблица 1). Поражения оидиумом листьев винограда в варианте с применением фунгицида Азофос, 50 % к.с. и в эталоне в этот период не отмечено, в то время как в контроле развитие болезни составило 1,8 %.

Таблица 1. – Биологическая эффективность фунгицида Азофос, 50 % к.с. против болезней на листьях винограда

Варианты опыта	Милдью $\frac{P}{R}$, %			Биологическая эффективность, % (02.09)	Антракноз $\frac{P}{R}$, %			Биологическая эффективность, % (02.09)	Оидиум $\frac{P}{R}$, %			Биологическая эффективность, % (02.09)
	25.06.	02.08.	02.09		25.06.	02.08.	02.09.		25.06.	02.08.	02.09.	
Азофос, 50% к.с., 4,0 л/га	<u>2,0</u> 0,4	<u>8,1</u> 2,4	<u>12,6</u> 4,8	78,4	<u>2,0</u> 0,4	<u>7,0</u> 1,8	<u>15,2</u> 4,8	63,6	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	100,0
Топаз, КЭ, 0,5 л/га (эталон)	–	–	–	–	–	–	–	–	<u>0</u> 0	<u>6,3</u> 1,2	<u>10,2</u> 3,4	61,4
Контроль (без обработки)	<u>27,5</u> 8,5	<u>51,5</u> 16,3	<u>63,4</u> 22,2	–	<u>6,0</u> 1,6	<u>20,6</u> 8,8	<u>33,5</u> 13,2	–	<u>6,9</u> 1,8	<u>16,7</u> 4,4	<u>26,8</u> 8,8	–

Примечание. P – распространенность болезней; R – развитие болезни.

Таблица 2. – Биологическая эффективность фунгицида Азофос, 50 % к.с. против болезней на ягодах винограда

Варианты опыта	Милдью (P, %)		Биологическая эффективность, % (02.09)	Антракноз (P, %)		Биологическая эффективность, % (02.09)	Серая гниль (P, %)		Биологическая эффективность, % (02.09)
	02.08	02.09		02.08	02.09.		02.08	02.09	
Азофос, 50% к.с., 4,0 л/га	1,3	3,9	68,5	0,4	1,5	65,9	0,3	1,0	72,2
Контроль (без обработки)	6,5	12,4	–	2,2	4,4	–	1,4	3,6	–
НСР05	1,47	2,26	–	1,12	1,89	–	1,10	1,32	–

Примечание. P – распространенность болезней.

Умеренные температуры воздуха (18–18,6 °С) с осадками в июле в пределах нормы (105 %) и в августе – ниже нормы (63 %) были благоприятными для рассеивания конидий возбудителей болезней и нарастания развития болезней на листьях винограда, которое к периоду уборки урожая (02.09) в варианте без обработки составило 8,8 % (оидиум), 13,2 % (антракноз) и 22,2 % (милдью). Обработки насаждений винограда фунгицидом Азофос, 50 % к.с. эффективно сдерживали развитие болезней. В опытном варианте этот показатель по антракнозу и милдью составил 4,8 %. Возбудитель оидиума в опытном варианте не обнаружен.

Биологическая эффективность 4-кратного применения фунгицида Азофос, 50 % к.с. против болезней винограда на листьях составила 63,6 % (антракноз) – 78,4 % (милдью) – 100 % (оидиум), в эталонном варианте (Топаз, КЭ, 0,5 л/га) против оидиума – 61,4 % (таблица 1).

Видовой состав гнилей ягод был представлен следующими видами: милдью (возбудитель – *Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis) Berl. & de Toni), антракноз (возбудитель – *Gloeosporium ampelophagum* (Pass.) Sacc.), серая гниль (возбудитель – *Botrytis cinerea* Persoon).

Первые пораженные ягоды винограда возбудителями милдью и антракноза отмечены 25 июня (фенофаза «формирование гроздей») в варианте без обработки. В опытном и эталонном вариантах на две недели позже – 8 июля, в фенофазу «окончание формирования гроздей». Серая гниль ягод винограда выявлена в первой декаде августа (02.08) на всех вариантах опыта.

Частое выпадение осадков в июле способствовало усилению развития болезней на ягодах винограда, которое в варианте без обработки на дату учета 02.08 составило 6,5 % (милдью); 2,2 % (антракноз); 1,4 % (серая гниль) (таблица 2). В опытном варианте с применением фунгицида Азофос, 50 % к.с. развитие болезней было в 5,0; 5,5; 4 раза ниже, чем в контроле и составило 1,3 % (милдью); 0,4 % (антракноз); 0,3 % (серая гниль).

Погодные условия августа с осадками ниже многолетней нормы не сдержали дальнейшее развитие болезней ягод винограда. В период уборки урожая (02.09) в варианте без обработки по сравнению с предыдущим учетом развитие болезней ягод увеличилось до 12,4 % (милдью), 4,4 % (антракноз) и 3,6 % (серая гниль), в то время как в опытном варианте оно не превысило 3,9; 1,5; 1,0 % соответственно.

Биологическая эффективность четырехкратного применения фунгицида Азофос, 50 % к.с. против болезней ягод винограда составила 68,5 % (милдью); 65,9 % (антракноз); 72,2 % (серая гниль).

На основании результатов исследований подготовлены документы для включения фунгицида Азофос, 50 % к.с. в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» для защиты винограда от комплекса болезней.

Выводы

В результате производственного опыта установлено, что 4-кратное применение фунгицида Азофос, 50 % к.с. способствует снижению развития болезней на листьях и ягодах на 63,6–100 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина, А. В. Основные вредители и болезни винограда / А. В. Никитина, А. С. Николаева // Сб. науч. ст. по материалам XX Междунар. студенческой науч. конф. – Гродно, 2019. – С. 32–34.
2. Тарабрина, И. В. Болезни и вредители винограда на виноградниках Украины / И. В. Тарабрина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 3/11 (51). – С. 34–37.
3. Котова, В. В. Антракноз сельскохозяйственных растений / В. В. Котова, О. В. Кунгурцева. – 2014. – № 11 (Прил. к жур. «Вестн. защиты растений»). – С. 103.
4. Калиновский, И. Н. Эффективность различных фунгицидов в борьбе с болезнями винограда в условиях Оренбургской области / И. Н. Калиновский, В. А. Симоненкова // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 2 (40). – С. 43–45.
5. Калиновский, И. Н. Эффективность различных фунгицидов в борьбе с болезнями гроздей винограда в условиях Оренбургской области / И. Н. Калиновский, В. А. Симоненкова // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 3 (41). – С. 78–80.
6. Калиновский, И. Н. Экологичность медьсодержащих фунгицидов в борьбе с болезнями листьев и гроздей винограда / И. Н. Калиновский, В. А. Симоненкова // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 6 (50). – С. 146–149.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; под ред. С. Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – С. 410–431.

BIOLOGICAL EFFICIENCY OF FUNGICIDE AZOFOS, 50 % S.C. APPLICATION IN GRAPE PLANTINGS UNDER CONDITIONS OF BELARUSIAN WOODED DISTRICT PLESKATSEVICH R., BERLINCHIK E., SAVOSTIANIK E.

In the article the results of biological efficiency of the fungicide Azofos, 50 % s.c. (1% concentration) against grape diseases are presented. The biological efficiency of the fungicide against the diseases on grape leaves has made 63,6 % (anthracnose) – 78,4 % (mildew) – 100 % (oudium); against berry diseases: 65,9 % (anthracnose) – 68,5 % (mildew) – 72,2 % (gray mould).

УДК 332.122:338.43

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО РАЗВИТИЯ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

А. А. Соколова, С. Ж. Фарафонов

Волынская государственная сельскохозяйственная опытная станция Института картофелеводства
НААН Украины, г. Луцк, Украина

Раскрыты научно-методические основы оценки экологической составляющей устойчивого социально-экономического развития сельских территорий. На примере Волынской области совершен комплексный анализ экологической ситуации в регионе, учитывая уровень обеспеченности и эффективности использования природных (земельных) ресурсов. Определен уровень антропогенной и техногенной нагрузки в сельской местности, а также состояние активизации природоохранной деятельности. Доказана необходимость разработки системы мер по формированию и обеспечению экологических условий устойчивого развития сельских территорий.

Введение

Для выбора стратегии устойчивого сельского развития важными являются анализ и оценка экономической, социальной и экологической составляющих, поскольку сельские территории Украины в условиях глобализации все активнее приобретают признаки многофункциональности, сущность которой заключается в том, что аграрная сфера – это не только производство сельскохозяйственной продукции, а сочетание трех ключевых общественных элементов: экономики, социальной среды и экологии.

Украина входит в число государств, которые поддержали международные инициативы сохранения окружающей среды и выбрали за основу концепцию устойчивого развития страны на период до 2030 г. [1]. Поэтому формирование отечественной хозяйственной системы требует неотложного сохранения баланса трех видов ресурсов: экономических, природных и человеческих, образующих целостную социо-эколого-экономическую систему, при отсутствии динамичного роста, нарушении равновесия и сбалансированности функционирования которой начинаются качественно новые негативные процессы, что могут привести к полному ее краху.

Современное сельское развитие обусловлено насущным требованием избавиться от негативных реалий, накопившихся в аграрной сфере и на сельских территориях. Причиной их перевода на модель устойчивого развития является органическое единство конкретных реалий жизнедеятельности крестьянина с естественным, социальным и экологическим окружением. Поэтому дальнейшее социально-экономическое развитие сельских территорий, которое построено на основе устойчивости, требует всестороннего изучения, глубокого анализа и оценки агроэкологических условий и особенностей окружающей среды.

Методика и объекты исследования

Теоретической и методологической основой исследования были диалектический метод познания и системный подход к изучению экологических процессов; научные разработки и публикации отечественных и зарубежных ученых по проблемам развития сельских территорий [2]. В процессе достижения цели использовались следующие методы и приемы исследования: абстрактно-логический; экономико-статистический; монографический; анализа и синтеза; индексный. Информационными

источниками исследования были соответствующие положения законодательных и нормативных актов Украины, научные публикации, материалы Департамента агропромышленного развития Волынской облгосадминистрации, Главного управления статистики в Волынской области, информационные ресурсы сети Интернет. Объектом исследования являются сельские территории Волынской области [3].

Результаты и их обсуждение

Экологический фактор является одним из важнейших факторов устойчивого развития сельского хозяйства и сельской местности. Имеющиеся природно-климатические и экологические условия хозяйствования Волынской области в значительной степени определяют состояние и перспективы развития аграрной сферы региона. Волынь – агропромышленная область с равнинным рельефом, умеренно континентальным климатом с достаточным количеством тепла и влаги, плодородными черноземными почвами на юге и несколько бедными дерново-подзолистыми в северной части, с большими лесными массивами, густой сетью рек и озер [4].

Полесье – это уникальный природный ландшафт, который составляет 19 % территории Украины. Эта часть играет важную роль в формировании водных ресурсов Украины и занимает 2-е место по площади лесов после Карпат. Богатые природные ресурсы и агроэкологические условия волынского Полесья являются основой, материальным базисом сельскохозяйственного производства и жизнедеятельности сельского населения. По информации Госэкоинспекции, экологическая ситуация на Волыни в целом и зоне Полесья в частности, позволяет считать область как одну из самых благополучных в Украине. Однако часто развитие отраслей аграрной экономики в регионе происходит без учета требований охраны окружающей природной среды и при отсутствии эффективно действующих правовых, административных и экономических механизмов природопользования. Результаты проведенного исследования указывают на то, что значительная распаханность сельскохозяйственных угодий, негативные природные и антропогенные явления приводят к деградации земель и снижению эффективности их использования. Особо опасные масштабы приобрела эрозия почв.

Величина отдачи от ресурсов, эффективность инвестиций, социально-экономическое развитие сельских территорий – все это зависит от соответствия направления производственной деятельности аграрных товаропроизводителей природно-климатическим условиям при рациональном использовании производственно-ресурсного потенциала. Уровень устойчивого социально-экономического сельского развития оценили Т. В. Божидарник [5], Т. А. Зинчук, Н. Н. Куцмус [6], И. П. Ковальчук, Т. А. Евсюков [7], А. И. Павлов [8] и др. Для определения уровня устойчивого развития сельских территорий стоит обратить внимание на методику, которая предложена А. В. Лесовым [9]. Он считает, что сравнивать необходимо показатели не со средними значениями по стране (региону, области), а за эталон принять максимальное значение – достижение лидеров. По его мнению, лучше равняться на лидеров, чем на «среднячков»; во-вторых, полученные коэффициенты имеют четкое и доступное содержание. Чем выше такой коэффициент (он легко может быть трансформирован в проценты), тем ближе к идеалу (к 100 %).

Для расчета интегрального показателя предлагается использовать только основные показатели, которые характеризуют составляющие устойчивого развития сельских территорий. Расчет будет осуществляться по формуле:

$$I_i = \sum_{j=1}^m \frac{f_{ij}}{\max_j f_j}, \quad (1)$$

где I_i – обобщенный (единичный) показатель развития i -ой сельской территории; f_{ij} – фактический объем j -го частичного показателя (критерия) по i -ой сельской территории; $\max_j f_j$ – максимальный объем j -го частичного показателя по всем i -ым территориям.

Очевидно, что лучшим районом будет вариант с наибольшим значением I . Однако для объективного анализа, как было сказано выше, стоит равняться на лидеров. Считаем, что обобщенный (интегральный) показатель Z_i лучше рассчитывать не как простую сумму частичных показателей, а как их среднее арифметическое (формула 2) или геометрическое значение (формула 3).

$$Z_i = \frac{\sum_{j=1}^m I_j}{m}, \quad (2)$$

где m – количество обобщенных (единичных) показателей развития i -ой сельской территории

Средняя геометрическая величина исчисляется извлечением корня m -й степени из произведения значений признаков, которые анализируются (I_j) по формуле:

$$Z_i = \sqrt[m]{I_1 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot \dots \cdot I_m}. \quad (3)$$

Для определения уровня экологической составляющей устойчивого развития сельских территорий Волынской области была дана комплексная оценка экологической ситуации в регионе, учитывая про-

блемы обеспеченности природными ресурсами (земельными, лесными), определен уровень антропогенной и техногенной нагрузки и активизации природоохранной деятельности на Волыни. С этой целью было сформировано 3 группы индикаторов (частных показателей), которые отражают основные аспекты экологической ситуации, содержания и использования природных ресурсов, уровня нагрузки на окружающую среду и внедрение природоохранных мероприятий в разрезе административных районов Волынской области в 2018 г.:

1-я группа – частные показатели и индекс обеспеченности сельских территорий природными ресурсами ($I_{пр.о}$):

землеобеспеченность (приходится сельскохозяйственных угодий на 1 сельского жителя, га);

обеспеченность лесными ресурсами (приходится лесов и лесопокрытой площади на 100 сельских жителей, га²).

2-я группа – частные показатели и индекс мероприятий по повышению плодородия почвы ($I_{пп}$) сельских территорий:

внесено минеральных удобрений в питательных веществах на 1 га посевной площади, кг;

внесено органических удобрений на 1 га посевной площади, т.

3-я группа – частные показатели и индекс активности деятельности по снижению нагрузки на экосистему и эффективности использования земельных ресурсов ($I_{эф}$) сельских территорий:

проведено работ по эффективному использованию сельскохозяйственных угодий, га;

создано общественных пастбищ, га;

произведено валовой продукции сельского хозяйства (в постоянных ценах 2010 г.) на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. грн.

С целью получения обобщающей комплексной оценки экологической составляющей устойчивого развития исследуемого региона индексы ($I_{пр.о}$, $I_{пп}$, $I_{эф}$) были возведены в единичный индекс экологического развития ($I_{экол}$) сельских территорий с помощью метода средней геометрической и определен рейтинг (место) каждого административного района (таблица 1).

Согласно с определенным рейтингом, к категории экологически кризисных районов Волынской области относятся Шацкий, Маневицкий, Луцкий, Старовыжевский, Камень-Каширский, Любешовский. Стоит отметить, что это районы различных природно-экономических зон. В результате оценки обеспеченности земельными и лесными ресурсами на вышеуказанных сельских территориях определено, что данные районы характеризуются достаточно высокими показателями, однако в районах низкая активность по снижению нагрузки на экосистему, и как следствие – низкий уровень использования природных ресурсов.

В результате активного внедрения природоохранных мероприятий, системного повышения плодородия почвы, высокого уровня обеспеченности природными ресурсами, в частности лесными и земельными, лучшие показатели по экологиче-

Таблица 1. – Ранжирование административных районов Волынской области по уровню экологического состояния развития сельских территорий

Район	Индекс природно-ресурсного обеспечения (I _{пр.о.})	Индекс повышения плодородия (I _{пл.})	Индекс экономической эффективности (I _{эф.})	Единичный индекс экологического развития (I _{экол.})	Рейтинг
Владимир-Волынский	0,4428	0,7670	0,4022	0,5150	3
Гороховский	0,2354	0,4367	0,6443	0,4046	5
Иваничевский	0,2088	0,5850	0,4496	0,3801	7
Камень-Каширский	0,3892	0,1998	0,3617	0,3041	12
Киверцовский	0,4363	0,2736	0,4935	0,3891	6
Ковельский	0,6092	0,5980	0,6586	0,6214	2
Локачинский	0,3677	0,2119	0,4667	0,3313	10
Луцкий	0,1652	0,8041	0,1547	0,2739	14
Любешовский	0,4213	0,3065	0,2648	0,3246	11
Любомльский	0,5541	0,3870	0,2491	0,3766	8
Маневицкий	0,5691	0,0327	0,5427	0,2162	15
Ратновский	0,4037	0,2266	0,5365	0,3661	9
Рожищенский	0,3224	0,5721	0,4766	0,4446	4
Старовыжевский	0,4486	0,1017	0,4805	0,2799	13
Турийский	0,7105	0,6654	0,7234	0,6993	1
Шацкий	0,5303	0,0582	0,1675	0,1729	16
Волынская область	0,4456	0,5761	0,4051	0,4703	x

Таблица 2. – Группировка административных районов Волыни по уровню экономического развития

Группа	Название группы	Административные районы
I группа от 0 до 0,31	Районы низкого уровня	Шацкий, Маневицкий, Луцкий, Старовыжевский, Камень-Каширский
II группа от 0,32 до 0,39	Районы среднего уровня	Любешовский, Локачинский, Ратновский, Любомльский, Иваничевский, Киверцовский
III группа от 0,40 и выше	Районы высокого уровня	Гороховский, Рожищенский, Владимир-Волынский, Ковельский, Турийский

скому состоянию имеют Турийский, Ковельский, Владимир-Волынский, Луцкий, Гороховский районы. Вследствие проведенного анализа было осуществлено группирование административных районов Волыни по уровню экологического развития сельских территорий (таблица 2).

Выводы

По результатам проведенного исследования определено, что основными недостатками современных агроландшафтов Волыни являются интенсивное использование деградированных, малопродуктивных и радиоактивно загрязненных земель; нерациональное использование особо ценных продуктивных земель; нарушение оптимальных севооборотов и насыщения их эрозивно опасными культурами; несоответствие использования земель их агроэкологическим характеристикам; нарушение оптимального соотношения в агроландшафтах различных видов угодий (природных, полуприродных и антропогенных) распространение и углубление деградационных процессов; неудовлетворительное состояние лесомелиоративные устройства агроландшафтов и незначительное развитие земель природоохранного назначения. Для исправления этих недостатков необходим новый, научно обоснованный подход к сельскохозяйственному производству с использованием современных инновационных технологий.

Перспективы развития аграрного производства в Волынской области требуют экологической ориентации и разработки принципиально новых подходов к организации и управлению природопользованием в сельскохозяйственном производстве. Нужно обеспечить научно-методическую и информационно-консультационную помощь населению по ведению сельского хозяйства и землепользования. Зона Полесья Волыни имеет выгодное географическое положение, благоприятные природно-климатические условия, большое историко-культурное наследие, природные рекреационные и лечебные ресурсы, рациональное и бережное использование которых обеспечит устойчивое развитие сельских территорий [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепція розвитку сільських територій : проект [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/apk?nid=10183>. – Дата доступу: 20.05.2020.
2. Бойко, В. І. До питання оцінки стану сільських територій / В. І. Бойко, О. А. Козак // Економіка АПК. – 2008. – № 3. – С. 20–24.
3. Герасимчук, З. В. Регіональна політика сталого розвитку: теорія, методологія, практика / З. В. Герасимчук. – Луцьк : Надстир'я, 2008. – 528 с.
4. Аграрний комплекс Волині : економ. доповідь / за ред. В. Ю. Науменка ; Голов. управ. статистики у Волинській області. – Луцьк, 2019. – 34 с.

5. Економіко-статистичний аналіз та оцінка розвитку сільського господарства Волині / Т. В. Божидарнік [та ін.]. – Луцьк, 2014. – 212 с.
6. Зінчук, Т. О. Методологічні підходи до оцінки умов та результатів сільського розвитку / Т. О. Зінчук, Н. М. Куцмус // Вісн. ЖНАЕУ. – 2010. – № 1. – С. 3–11.
7. Ковальчук, І. П. Комплексний аналіз сучасного стану сільських територій: структурна схема, алгоритм, методи і дослідницькі технології / І. П. Ковальчук, Т. О. Євсюков // Землеустрій і кадастр. – 2008. – № 4. – С. 20–35.
8. Павлов, О. І. Сільські території : теоретико-методичні засади дослідження / О. І. Павлов // Регіональна історія України. – 2009. – Вип. 3. – С. 113–132.
9. Лісовий, А. В. Методичні підходи до оцінювання сільських територій України / А. В. Лісовий // Економіка АПК. – 2006. – № 8. – С. 123–131.
10. Europe 2020. Priorities. European Commission [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/priorities/index_en.htm. – Дата доступу: 20.05.2020.

**ESTIMATION OF ECOLOGICAL FACTORS OF STEADY RURAL DEVELOPMENT:
REGIONAL FEATURES
SOKOLOVA A., FARAFONOV S.**

Scientifically-methodical bases of estimation of ecological constituent of steady socio-economic development of rural territories are exposed. On the example of the Volyn region the system analysis of ecological situation is accomplished in a region, taking into account the level of material well-being and efficiency of the use of natural (earth) resources. A level is certain anthropogenic and technogenic loading in rural locality, and also the state of activation of nature protection activity. The necessity of development of the system of measures is well-proven on forming and providing of ecological terms of steady development of rural territories.

УДК 631.879

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗЕРНООТХОДОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И КАЧЕСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

А. В. Сорока, Н. Ф. Терлецкая, А. С. Антонюк

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Зерноотходы являются ценным органическим удобрением и могут быть использованы в качестве альтернативы традиционным органическим удобрениям. Установлено, что внесение удобрений на основе зерноотходов способствует повышению продуктивности кормовых культур и улучшению качества растениеводческой продукции. Применение удобрений на основе зерноотходов не оказывает влияния на накопление нитратов в зеленой массе кормовых культур.

Введение

В настоящее время проблема переработки и экологически безопасной утилизации отходов характерна для всех отраслей промышленного производства, в том числе и для зерноперерабатывающих предприятий. Основные принципы управления отходами заключаются в предотвращении их вредного воздействия на окружающую среду, а также максимальном вовлечении во вторичный оборот в качестве сырья. Проблема поиска альтернативных способов получения новых продуктов из отходов – одна из основных и актуальных задач агропромышленного сектора экономики, являющегося отходоёмкой отраслью, – производство основного сельскохозяйственного продукта связано с образованием большого количества отходов. Выход основного продукта иногда составляет лишь 15–30 % от массы исходного сырья. Остальная часть, содержащая значительное количество ценных веществ, в данном производственном процессе не используется, переходит в так называемые отходы производства. Между тем некоторые отходы обладают свойствами, обуславливающими возможность их хозяйственного применения, а их возвращение в материальный круговорот приобретает важное экологическое, экономическое и энергосберегающее значение. В целом такие отходы могут использоваться в разных отраслях народного хозяйства, но в настоящее время они имеют большой спрос в растениеводческом комплексе сельскохозяйственного производства, где находят применение в силу своей химической природы – большинство отходов многокомпонентны по набору элементов и имеют органическую природу, что повышает их средство органическому веществу почвы [1].

Цель исследования – изучение влияния органических удобрений на основе зерноотходов на продуктивность кормовых культур и качество растениеводческой продукции.

Методика и объекты исследований

Объектами исследований являлись зерноотходы, бесподстилочный жидкий навоз, мочевины.

Массовая доля общего азота в удобрениях определялась по ГОСТ 26715, общего фосфора – по ГОСТ 26717, общего калия – по ГОСТ 26718 [2–4].

Химический состав вносимых органических удобрений представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Показатели органических удобрений (средние показатели в расчете на естественную влажность, %)

Показатель	Вид органического удобрения		
	Зерноотходы	Компост на основе зерноотходов и навоза КРС (1:7)	Бесподстилочный жидкий навоз
Массовая доля общего азота, %	2,20	0,60	0,20
Массовая доля общего фосфора, %	0,96	0,31	0,08
Массовая доля общего калия, %	0,94	0,37	0,18

Опыты по изучению влияния различных доз органических удобрений на основе зерноотходов на кормовые культуры были заложены на полевом стационаре «Агробиостанция» УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, сменяемой с глубины 0,44 м рыхлым песком почве с посевом озимого рапса сорта Империял, редьки масличной сорта Ника и гибрида кукурузы Краснодарский 194 МВ.

Под редьку масличную удобрения вносились с расчетом 100 кг/га азота по действующему веществу. Агротехника возделывания кормовых культур – общепринятая для Республики Беларусь [5]. Удобрения вносились под вспашку. Отбор растительных образцов проводился в соответствии с ГОСТ 27262 [6].

Определения сухого вещества в растительных образцах осуществлялось по ГОСТ 27548 [7], азота и протеина в растительных образцах – по ГОСТ 13496.4 на основе титриметрического метода по Кьельдалю [8], содержания нитратов – по ГОСТ 13496.19 на основе ионометрического метода [9].

Статистическая обработка полученных данных проводилась по Б. А. Доспехову [10].

Результаты и их обсуждение

Установлено, что внесение удобрений на основе зерноотходов способствует повышению содержания сухого вещества в зеленой массе кормовых культур. Так, в зеленой массе озимого рапса в фазе бутонизации при внесении зерноотходов содержание сухого вещества составило 8,9–10,4 %, что

Таблица 2. – Продуктивность и качество растениеводческой продукции при внесении органических удобрений на основе зерноотходов

Вариант опыта	Сухое вещество, %	Урожайность сухого вещества, ц/га	Сырой протеин, % (в сухом веществе)	Сбор сырого протеина, ц/га
Озимый рапс (фаза бутонизации)				
Контроль (без внесения удобрений)	8,3	18,76	19,13	3,59
Зерноотход, 5 т/га	8,9	25,28	20,00	5,06
Зерноотход, 20 т/га	10,4	36,30	20,56	7,46
Редька масличная (фаза цветения)				
Контроль (без внесения удобрений)	12,2	45,54	14,69	6,69
Зерноотходы, 5 т/га	11,6	49,51	15,56	7,70
Зерноотходы, 2,5 т/га + бесподстилочный навоз, 25 т/га	12,8	62,31	15,75	9,81
Зерноотходы, 2,5 т/га + мочевины, 110 кг/га	12,1	56,48	15,06	8,51
Кукуруза (фаза молочно-восковой спелости)				
Контроль (без внесения удобрений)	23,2	61,36	10,57	6,49
Зерноотход, 5 т/га	23,7	70,51	–	–
Компост, 40 т/га	25,7	89,05	–	–
Компост, 60 т/га	26,2	102,05	10,85	11,07

Таблица 3. – Энергетическая ценность кормовых культур

Вариант опыта	Содержание сырой клетчатки, % в сухом веществе	Корм. ед. в 1 кг сухого вещества	Обменная энергия, МДж/кг сухого вещества
Озимый рапс (фаза бутонизации)			
Контроль	21,8	0,99	11,08
Зерноотход, 5 т/га	19,5	1,07	11,49
Зерноотход, 20 т/га	18,8	1,09	11,62
Кукуруза (фаза молочно-восковой спелости)			
Контроль	24,8	0,90	10,54
Компост, 40 т/га	24,1	0,92	10,66
Компост, 60 т/га	21,8	0,99	11,08

выше, чем в контроле – 8,3 %. Применение зерноотходов совместно с бесподстилочным навозом способствовало увеличению содержания сухого вещества в зеленой массе редьки масличной от 12,2 % в контрольном варианте до 12,8 % в опытном. В зеленой массе кукурузы в фазе молочно-восковой спелости содержание сухого вещества при применении органических удобрений на основе зерноотходов находилось в пределах 23,7–26,2 %, в контроле – 23,2 % (таблица 2).

Урожайность сухого вещества кормовых культур при внесении органических удобрений на основе зерноотходов была выше по сравнению с контрольным вариантом. Так, урожайность сухого вещества озимого рапса при применении удобрений на основе зерноотходов составила 25,28–36,30 ц/га, редьки масличной – 49,51–62,31 ц/га, кукурузы – 70,51–102,05 ц/га, в контроле – 18,76 ц/га, 45,54 и 61,36 ц/га соответственно.

Одним из основных показателей качества корма является содержание протеина, несбалансированность которого приводит к нарушению обмена веществ и снижению продуктивности животных. При внесении удобрений на основе зерноотходов содержание протеина в растительных образцах редьки масличной увеличилось на 0,37–1,06 % по сравнению с контролем, озимого рапса – на 0,87–1,43 %.

При применении компоста на основе зерноотходов в дозе 60 т/га содержание протеина в зеленой массе кукурузы возросло на 0,28 %. Сбор сырого протеина в опытных вариантах с внесением органических удобрений на основе зерноотходов был выше относительно контроля и составил для озимого рапса 5,06–7,46 ц/га, редьки масличной – 7,70–9,81 ц/га, кукурузы – 11,07 ц/га.

При внесении зерноотходов питательная ценность корма возросла. Содержание кормовых единиц в 1 кг корма (на сухое вещество) озимого рапса при внесении удобрений на основе зерноотходов составило 1,07–1,09, энергетическая ценность – 11,49–11,62 МДж/кг, кукурузы – 0,92–0,99 корм. ед. и 10,66–11,08 МДж/кг соответственно, что выше, чем в контрольном варианте (таблица 3).

Интенсивное применение удобрений как минеральных азотных, так и органических, может привести к избыточному накоплению нитратов в растениях. Нитраты являются естественными компонентами растений, выполняют функцию резервного азота для синтеза аминокислот и белков. Их накопление в больших количествах не оказывает негативного влияния на растения, однако повышенное содержание нитратов в кормах приводит к ухудшению качества продукции, токсическому воздействию на организм животных и человека. По нормам, принятым

в Республике Беларусь, предельно допустимая концентрация по содержанию нитратов в зеленых кормах для животных составляет 500 мг/кг сырого вещества [11]. В наших исследованиях при применении удобрений на основе зерноотходов содержание нитратов в зеленой массе кормовых культур находилось на уровне контроля и не превышало предельно допустимой концентрации.

Выводы

1. Внесение органических удобрений на основе зерноотходов способствует улучшению качества растениеводческой продукции и повышению питательной ценности корма.

2. Содержание нитратов в зеленой массе кормовых культур при использовании органических удобрений на основе зерноотходов не превышает предельно допустимую концентрацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титова, В. И. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве / В. И. Титова, М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова. – Н. Новгород : ВВАГС, 2009. – 178 с.
2. Удобрения органические. Методы определения общего азота : ГОСТ 26715-85. – Введ. 01.01.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 16 с.
3. Удобрения органические. Метод определения общего фосфора : ГОСТ 26717-85. – Введ. 01.01.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
4. Удобрения органические. Метод определения общего калия : ГОСТ 26718-85. – Введ. 01.01.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отраслевых регламентов / Ф. И. Привалов [и др.] ; ред.: В. Г. Гусаков, Ф. И. Привалов ; Нац. акад. наук Беларуси, Респ. НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 469 с.
6. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб : ГОСТ 27262-87. – Введ. 01.07.1988. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.
7. Корма растительные. Методы определения содержания влаги : ГОСТ 27548-97. – Введ. 01.01.2013. – Минск : Стандартиформ, 2005. – 8 с.
8. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина : ГОСТ 134964-93. – Введ. 01.01.95. – М. : Стандартиформ, 2011. – 17 с.
9. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов : ГОСТ 13496.19-2015. – Введ. 01.06.2017. – М. : Стандартиформ, 2016. – 34 с.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1986. – 416 с.
11. Показатели безопасности кормов: ветеринарно-санитарный норматив / Минсельхозпрод Респ. Беларусь. – Минск, 2005. – № 50. – 5 с.

INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZERS BASED ON GRAIN WASTES ON THE PRODUCTIVITY OF FORAGE CULTURES AND QUALITY OF CROP PRODUCTION SOROKA A., TERLETSKAYA N., ANTONIUK A.

Grain waste is a valuable organic fertilizer and can be used as an alternative to traditional organic fertilizers. It is established, that the application of organic fertilizers based on grain wastes contribute to an increase the productivity of forage cultures and improve the quality of crop production. The use of fertilizers based on grain wastes does not affect the accumulation of nitrates in the green mass of forage cultures.

УДК 631.432 (176)

УЯЗВИМОСТЬ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ: ОЦЕНКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В. М. Яцухно, С. С. Бачила

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Продуманное использование почв является одним из неотъемлемых элементов устойчивого сельского хозяйства, а также представляет собой ценный инструмент регулирования климата и путь сохранения экосистемных услуг и биоразнообразия.

Преамбула Всемирной хартии почв, утвержденной 39-й сессией ФАО ООН [1].

Рассматривается актуальная и практически востребованная задача типизации почв и почвенного покрова сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья по степени их уязвимости, т. е. предрасположенности к неблагоприятному воздействию климатических изменений в регионе. Основное внимание уделено методическим подходам оценки уязвимости почв к засухам, вероятность возникновения и продолжительность которых за последнее десятилетие увеличилось как за счет глобального и регионального изменений (потепления) климата, так и за счет антропогенного воздействия на природную среду сельских территорий. Предложены показатели определения степени уязвимости почв к климатическим изменениям, используемые в качестве ключевой информации при планировании и осуществлении мер по адаптации к таким изменениям и смягчению их последствий.

Введение

Наблюдаемое в последние несколько десятилетий на территории Беларуси изменение климата, сопровождающееся ростом температур воздуха и увеличением продолжительности периода потепления, оказывает существенное влияние на наиболее погодозависимую отрасль экономики – сельское хозяйство. Современное потепление климата для сельского хозяйства носит неоднозначный характер и вызывает как отрицательные, так и положительные последствия с точки зрения результатов сельскохозяйственного производства, в первую очередь – растениеводства. Наибольший экономический ущерб сельскохозяйственному производству в Беларуси наносят засухи, обусловленные климатическими изменениями, все чаще проявляющиеся и охватывающие значительные территории [2].

Наиболее остро данная проблема проявляется в регионе Белорусского Полесья, где произошедшие в 1992–1996 гг., а также в 1999, 2000, 2006, 2009, 2010, 2012–2016 гг. и 2018–2019 гг. засухи особенно негативно отразились на эффективности сельскохозяйственного производства. За период потепления засухи наблюдались почти вдвое чаще, чем в предшествующие годы до потепления. Так, повторяемость засух с площадью не менее 30 % территории административных областей республики составляет в Гомельской области 1 раз в 2 года, в Брестской – 1 раз в 2–3 года. За 75-летний период произошла трансформация проявления засух. Если в первой половине этого периода был характерен 4–5-летним периодом цикла их колебаний, то в последние два десятилетия он сменился на более частый цикл их колебаний с 2–3-летней цикличностью [3].

Усиление потепления, вызванное климатическими изменениями, способствовало выделению здесь новой (четвертой) агроклиматической области,

в состав которой вошла южная часть территории Брестской и Гомельской административных областей. В среднем в области сумма температур выше 10 °С за период активной вегетации колеблется от 2607 °С в ее северной части до 2740 °С – в южной. За это время в новой агроклиматической области отмечены наименьшие значения гидротермического коэффициента (ГТК) для территории Беларуси, который колеблется от 0,9 до 1,3, а в период засух опускается и до более низких величин.

Методика и объекты исследования

Использование в сельскохозяйственных целях широкого спектра почв Белорусского Полесья различных по степени увлажненности и с разным водным режимом, от автоморфных до глееватых и глеевых, отличающихся гранулометрическим составом их почвообразующих пород, от рыхлых песчаных до суглинистых и торфяных почв, позволяет типизировать почвенный покров сельскохозяйственных земель региона по степени уязвимости к засухам, поскольку он отражает агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленной балансом количества осадков, испарения и разных видов водного стока.

В качестве ключевых характеристик, определяющих степень уязвимости почв к климатическим изменениям, в особенности к засухам и засушливым явлениям, использованы показатели запасов почвенной влаги, ибо «...влажностное содержание почвы является прямым звеном передаточным звеном влияния глобальных и региональных изменений климата на региональную структуру почвенно-растительного покрова, определяя в значительной мере и уровень первичной продуктивности» [4].

Наблюдаемое и прогнозируемое потепление климата вызывает очередную негативную цепную реакцию в почвенном покрове, от степени проявления которой будут зависеть в первую очередь

величины имеющихся влагозапасов в каждой слагающей его почвенной разновидности. В отличие от климатических условий, которые выделяются определенным своим фоновым проявлением, водный режим почв формируется, помимо климата, под влиянием положения в рельефе, а также обуславливается строением почвообразующих пород, гранулометрическим составом, генетическими особенностями почвообразования и др. [5, 6]. С целью типизации характеристик увлажнения почв и определения их гидрологических особенностей и режимов нами были применены методические подходы, использованные Т. А. Романовой [7].

В качестве операционных единиц увлажненности почв взяты две агрогидрологические почвенные константы: предельная полевая влажность (ППВ) и влажность разрыва капиллярной связи (ВРК). Под ППВ или наименьшей влагоемкостью (НВ) обычно понимают количество влаги, удерживаемое в почве адсорбционными и капиллярными силами после избыточного ее увлажнения при свободном оттоке гравитационной воды.

ВРК – влажность почвы, при которой нарушается сплошное заполнение капилляров почвы водой и которая характеризует нижний предел влажности почвы, оптимальная для растений. ВРК означает начальную степень повреждения растений от засухи и засушливых явлений и служит важным критерием, определяющим степень уязвимости почв к таким явлениям.

Располагая данными полевой влажности и ППВ каждого 10-сантиметрового слоя до глубины 200 см для водобалансовых участков, на всех станциях устанавливалось среднее многолетнее число дней за год и за период апрель–октябрь, когда влажность почвы превышала ППВ, и когда была ниже ВРК, по слоям 0–20, 0–50 и 0–100 см. Оказалось, что самым информативным с точки зрения количественной оценки увлажненности почв разного генезиса и гранулометрического состава, является слой почвы 0–20 см, как наиболее активный, содержащий основную массу корней растений и запасов гумуса, а главное, как слой, в котором всегда можно определить ППВ, тогда как в слое 0–50 см в некоторых почвах (при близком уровне грунтовых вод) она не отделима от полной влагоемкости (ПВ).

Таким образом, в качестве меры (оценки) увлажненности почвы определенного генезиса и гранулометрического состава можно принять число дней за год или за вегетационный период, в течение которых содержание влаги в слое 0–20 см превышает ППВ и меньше ВРК. Использование вышеуказанных гидрологических показателей почв для оценки степени их уязвимости к засухам и засушливым явлениям позволяет достоверно характеризовать водообеспечивающую способность каждой почвенной разновидности в среднемноголетнем измерении.

Исходными данными оценки уязвимости почв к засухам служили сведения о влагозапасах почв в слое 0–20 см с использованием данных декадного разрешения, полученных на 17 метеостанциях Белорусского Полесья в течение вегетационного

периода (апрель–октябрь), за 30-летний период (1989–2018 гг.).

Результаты и их обсуждение

Отрицательное влияние засух на растениеводческую отрасль во многом обусловлено преобладанием в структуре сельскохозяйственных земель Полесского региона легких песчаных и рыхлых супесчаных (66,7 %) и осушенных торфяных (12,5 %) почв, наиболее чувствительных к погодным условиям и климатическим изменениям. Подтверждением этому могут служить официальные сведения о состоянии посевов сельскохозяйственных культур за вегетационный период (май–июнь 2018 г.), в течение которого в результате проявления засухи в Беларуси сельхозкультуры погибли на площади 141 тыс. га, повреждено 368 тыс. га посевов – около 15 %. В основном это зерновые культуры. В Брестской области было сильно повреждено 52,0 тыс. га посевов, в том числе 42,0 тыс. га зерновых, более 5,0 тыс. га кукурузы, 2,5 тыс. га льна, около 1,0 тыс. га рапса. В Гомельской области погибло 63,5 тыс. га сельхозкультур, из них свыше 44,0 тыс. га – озимых. Кроме прямых экономических издержек, вызванных проявлением засух, наблюдается негативное влияние на экологическое состояние почв, выполнение ими их экологических функций, плодородие, водообеспеченность аграрных территорий, а также развитие процессов деградации земель (дегумификация, проявление ветровой эрозии почв и др.), снижается комфорт и качество жизни сельских жителей.

Следует отметить, что до настоящего времени за рубежом и в странах СНГ основное внимание уделялось изучению факторов, механизмов и закономерностей развития атмосферных (метеорологических) засух, отличительной чертой которых является фоновый характер их развития. Проявление же почвенной засухи во многом связано с имеющимися влагозапасами в каждой почвенной разновидности, формирование и динамика водного режима которых зависит не только от климатических условий, но также определяется их положением в рельефе, гранулометрическим составом, содержанием гумуса, генетическими особенностями почвообразования и др. Поэтому почва как природное биокостное полиструктурное образование в зависимости от ее водно-физических характеристик обладает свойством смягчения проявления засух и засушливых явлений. Выполнение подобной функции связано со степенью уязвимости почв к засухам, подверженности данному экстремальному климатическому воздействию, со способностью почв справиться с негативными последствиями таких воздействий.

Уязвимость почв, которая трактуется как «склонность и предрасположенность к неблагоприятным климатическим воздействиям» [8, с. 564], определяется характером, величиной и скоростью климатических изменений. На степень ее проявления, наряду с влиянием внутренних свойств, и структурного состава почв, оказывают существенное значение внешние социально-экономические, организационно-территориальные и экологические

факторы аграрного землепользования. Все они во многом определяют способность почв противостоять изменяющимся климатическим условиям [9]. Могут наблюдаться и обратные тенденции, когда подобные факторы усиливают степень восприимчивости почвенного покрова к таким изменениям и снижают его адаптивный потенциал.

В данном контексте актуальным является определение системы критериев и индикаторов и установление набора показателей, необходимых для количественной оценки уязвимости почв, который отражал бы каждый из ранее указанных аспектов. Так, нами предложено выделить 4 главных критерия: климатический, почвенный, антропогенного воздействия и адаптивный потенциал, т. е. наличие социально-экономических условий, способствующих адаптации к климатическим изменениям. Всего в рамках выделенных критериев было определено 34 индикатора – количественных показателей, которые необходимо использовать при оценке уязвимости почв к засухам. Предложенный перечень критериев и индикаторов не полностью охватывает все аспекты уязвимости, но в то же время позволяет достаточно полно идентифицировать внутрирегиональные различия Белорусского Полесья, что подвержены наибольшему риску негативной трансформации под влиянием климатических изменений, а также дает возможность определить приоритетные действия по проведению адаптационных мероприятий к таким изменениям [10, 11].

Имеющийся большой массив данных дал возможность разделить почвы сельскохозяйственных земель региона по степени влагообеспеченности, исходя из их гранулометрического состава, гидроморфизма и строения почвообразующих пород. При этом особое внимание было уделено такому показателю, как ВРК и количеству дней в вегетационный период, в течение которых почва характеризуется ниже его величины. При этом было выделено четыре степени уязвимости почв к засухам. Так, к наиболее уязвимым относились почвы в пахотном горизонте (0–20 см), у которых величина влажности меньше ВРК составляла за вегетационный период (апрель–сентябрь) более 100 дней. Как правило, такие почвы характеризуются легким гранулометрическим составом (песчаным, рыхлосупесчаным), подстилаемые рыхлыми почвообразующими породами и отличающиеся автоморфным характером водного режима, реже слабооглеены внизу. Для сильно уязвимых почв к засухам временной срок, когда влагозапасы в них составляли меньше величины ВРК, достигая 75 и более дней за указанный выше период. Все они характеризуются легким гранулометрическим составом, но, как правило, имеют небольшую прослойку и подстилающие породы, обладающие функцией водоупора, задерживающие атмосферные осадки и талые весенние воды. К среднеуязвимым почвам отнесены почвы, в которых величина менее ВРК наблюдается более 35 дней. В частности, такие почвы характеризуются временно избыточным увлажнением, а гранулометрический состав представлен связными и рыхло-

супесчаными супесями, реже легкими суглинками, нередко располагаемые в хорошо естественно дренированных понижениях. Наконец, к слабоуязвимым почвам к засухам отнесены остальные почвы сельскохозяйственных земель, в том числе подверженные гидромелиоративному воздействию и отличающиеся более коротким периодом ВРК, быстрая смена которого происходит в результате регулирования водного режима или близкого уровня почвенно-грунтовых вод.

Выводы

Исходя из ключевой роли, которую играют почвы в обеспечении продовольственной безопасности, устойчивого развития Белорусского Полесья, а также выполнения ими климаторегулирующих функций и необходимости адаптации аграрного сектора к засухам к числу неотложных мероприятий следует отнести:

изменение аграрного землепользования и структуры посевных площадей с учетом уязвимости и чувствительности почв сельскохозяйственных земель к усилению засух;

при разработке нормативов технологических регламентов в земледелии и растениеводстве необходимо учитывать различия почвенно-климатических условий и уязвимость почв к засухам и другим климатическим явлениям;

при формировании планов и программ развития агропромышленного комплекса (АПК) обязательно предусматривать комплекс адаптационных мер по обеспечению максимального содержания органического вещества в почвах, подбор культур к устойчивому дефициту влаги и переносимых продолжительность бездождевого периода;

отражение разных по степени уязвимости почв к засухам при почвенном картографировании и землеустроительном проектировании, а также пересмотр системы кадастровой оценки с учетом изменений климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пересмотренная Всемирная хартия почв / ФАО ООН. – Рим, 2015. – 6 с.
2. Логинов, В. Ф. Изменение климата в Беларуси и их последствия для ключевых секторов экономики (сельское, лесное и водное хозяйство) / В. Ф. Логинов. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2010. – 151 с.
3. Вихров, В. И. Применение временной разверстки для анализа климатической трансформации циклов почвенной засухи в Беларуси / В. И. Вихров // Вестн. БГСХА. – 2016. – № 1. – С. 82–86.
4. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск: Изд-во «Тонник», 2006. – 106 с.
5. Drought Risk Assessment and Management: A Conceptual Framework // JRC Technical Report. – Luxembourg, 2018. – 66 p.
6. Cammalleri, C. A novel soil moisture-based drought index (DSI) combining water deficit magnitude and frequency / C. Cammalleri, F. Micule, J. V. Vogt // Hydrological Processes. – 2016. – Vol. 30, № 2. – P. 289–301.

7. Романова, Т. А. Водный режим почв Беларуси / Т. А. Романова. – Минск : УП «ИВЦ Минфина», 2015. – 144 с.
8. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special report of Working Group I and II of IPCC. – Cambridge, UK and New York, 2012. – 582 p.
9. Brooks, N. The determinants of vulnerability and adaptive capacity of the national level and the implications for adaptation / N. Brooks, W. Adger, P. Kelly // *Global Environmental Change*. – 2005. – № 15. – P. 151–163.
10. Yatsukhno, V. M. Assessing soils vulnerability to droughts and the ways of achieving land degradation neutrality (an experience of Belarus) / V. M. Yatsukhno, E. E. Davydik // *IGU Conf. «Practical Geography and XXI Century challenges»*. Part 2. – М., 2018. – P. 59–61.
11. Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата, утвержденная Минсельхозпродом от 30.08.2019 и согласована НАН Беларуси от 11.10.2019 г. – Минск, 2019. – 56 с.

VULNERABILITY OF SOILS OF AGRICULTURAL LANDS OF BELARUSIAN POLESIE TO CLIMATE CHANGE: ASSESSMENT AND ITS APPLICATION YATSUKHNO V., BACHILA S.

The article considers the actual and practically demanded task of typifying soils and the soil cover of agricultural lands of the Belarusian Polesie according to their degree of vulnerability, i.e. predisposition to the adverse effects of climate change in the region. The main attention is paid to methodological approaches to assessing the vulnerability of soils to droughts, the likelihood of occurrence and duration of which over the past decade has increased both due to global and regional changes (warming) of the climate, and due to the anthropogenic impact on the natural environment of rural territories. Indicators are proposed for determining the degree of soil vulnerability to climate change, which are used as key information in planning and implementing measures to adapt to such changes and mitigate their effects.

ЭКАЛОГІЯ



УДК 591.553 (476)

ДИНАМИКА ЗИМНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ СОСНЯКОВ ЧЕРНИЧНЫХ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

И. В. Абрамова

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

В ходе исследований зимнего населения птиц сосняков черничных в юго-западной и центральной Беларуси (2005–2019 гг.) установлено, что орнитокомплекс включает от 12 до 16 видов четырех отрядов, преобладают воробьинообразные. Суммарное обилие варьирует от 116,3 до 191,7 ос./км² (в среднем $153,0 \pm 7,09$), суммарная биомасса – от 4,39 до 6,40 кг/км² ($5,18 \pm 0,20$). Стабильные тренды численности характерны для 47,4 % видов.

Введение

Тренды динамики численности птиц служат хорошим индикатором состояния окружающей среды [1]. В большинстве стран Европы мониторинг популяций птиц ведется с начала 1980-х гг., координирует его Европейский совет по учетам птиц. Ряд факторов континентального масштаба (например, глобальное изменение климата, особенно выраженное в зимний период на всей территории Европы) оказывает определенное влияние на структуру орнитокомплексов и численность птиц. Повышение температуры воздуха зимой может способствовать снижению смертности и росту численности популяций, прежде всего оседлых видов [2] с одной стороны, и вызывать рассогласование фенологии и годовых ритмов птиц – с другой.

Цель работы – изучение динамики и трендов численности зимнего населения птиц в сосняках черничных юго-западной и центральной Беларуси.

Методика и объекты исследования

В работе использованы результаты 12 зимних учетов лесных птиц, проведенных в декабре – феврале 2005–2019 гг. Исследования были в лесах возраста 80–100 лет в Брестском (Томашовское, Домачевское, Меднянское и Чернавчицкое лесничества) и Березинском (Березинское и Ушанское лесничества) лесхозах на постоянных не строго фиксированных маршрутах общей протяженностью 350 км. В каждом сезоне протяженность зимних маршрутов составляла 20–30 км. При учетах птиц применяли общепринятые методы [3]. Пересчет обилия птиц на единицу площади велся отдельно по средним дальностям обнаружения птиц (голосу, визуально). Проводили статистическую обработку данных [4]. Латинские названия птиц приведены по сводке «*Clements checklist of birds of the world*» [5]. В зимних учетах птиц оказывали помощь преподаватели, студенты и выпускники географического и биологического факультетов БрГУ имени А. С. Пушкина (автор выражает им искреннюю благодарность).

Результаты и их обсуждение

Зимнее население птиц лесных экосистем изучено недостаточно полно. Массовые зимние учеты проводятся с 1985 г. в рамках программ мониторинга численности зимующих птиц России и сопредельных регионов «Ragus» и «Евразийский Рождественский учет» [6]. Сведения о зимнем населении птиц в Московской области приведены в монографии [7] и тезисах [8]. Сведения о зимующих

птицах лесов в Беларуси имеются в монографиях [9–11]. Исследования зимнего населения птиц лесных экосистем с использованием количественных методов в XX в. проводил И. И. Бышне в Березинском заповеднике [12, 13]. Изученность зимней орнитофауны Беларуси на конец XX в. проанализирована Л. П. Шкляровым [14], М. Е. Никифоровым и др. [15].

По нашим данным, орнитокомплекс сосняков черничных в 2005–2019 гг. включает 19 видов четырех отрядов: ястребообразные, курообразные, дятлообразные и воробьинообразные (таблица). В сообществе птиц преобладают воробьинообразные, они составляют 68,4 % видов, 80,7 % суммарного обилия и 57,2 % суммарной биомассы. По годам количество видов варьировало от 12 до 16, в среднем $13,6 \pm 0,40$. Только у пяти видов птиц (пестрый дятел, желтоголовый королек, буроголовая гаичка, большая хохлатая синица и обыкновенная пищуха) встречаемость равна 100 %, у четырех видов (желна, сойка, хохлатая синица, обыкновенный поползень) – 75,0–83,3 %, у остальных – 50,0–66,7 %.

Суммарное обилие варьировало от 116,3 до 191,7 ос./км². Основу населения птиц составляют доминирующие виды: большая синица ($15,8 \pm 1,74$ ос./км²), буроголовая гаичка ($14,0 \pm 1,79$) и желтоголовый королек ($16,0 \pm 1,57$), на их долю приходится около 30 % суммарного обилия (таблица). Суммарная биомасса варьирует от 4,39 до 6,40 кг/км², в среднем $5,18 \pm 0,20$. По биомассе доминируют виды с высокой индивидуальной массой и/или численностью: пестрый дятел ($1,0 \pm 0,28$ кг/км²), желна ($0,60 \pm 0,12$), рябчик ($0,51 \pm 0,15$), буроголовая гаичка ($0,51 \pm 0,07$) и ворон ($0,70 \pm 0,21$), на них приходится 64,1 % суммарной биомассы.

В состав зимнего орнитокомплекса входят представители четырех типов фауны (рисунок). Доминируют палеаркты (78,8 % от общего количества видов, 77,8 % суммарного обилия и 76,0 % суммарной биомассы). Европейский тип фауны представлен хохлатой синицей, голарктический, сибирско-канадский и сибирский типы – тетеревиатником, трехпалым дятлом и рябчиком соответственно.

В населении птиц сосняков черничных преобладают виды со стабильными трендами динамики численности: хохлатая и большая синица, обыкновенный поползень, обыкновенная пищуха и др. (всего 9 видов, 47,4 %). Снижение численности птиц отмечено у 21,1 % видов (перепелятник, тетеревиатник, рябчик и сорока). Ряд видов (пестрый дятел,

Таблица. – Видовой состав, частота встречаемости, обилие, биомасса и тренды численности птиц зимнего орнитокомплекса сосняков черничных юго-западной и центральной Беларуси

Вид	Частота встречаемости, %	Обилие, ос./км ²		Биомасса, кг/км ²		Тренд
		Lim	$\bar{x} \pm S_x$	Lim	$\bar{x} \pm S_x$	
Перепелятник <i>Accipiter nisus</i>	50,0	0,0–1,0	0,27 ± 0,09	0,0–0,20	0,10 ± 0,02	↓
Тетеревятник <i>Accipiter gentilis</i>	50,0	0,0–2,0	0,44 ± 0,17	0,0–1,76	0,40 ± 0,17	↓
Рябчик <i>Tetrastes bonasia</i>	58,3	0,0–3,7	1,37 ± 0,41	0,0–1,41	0,51 ± 0,15	↓
Желна <i>Dryocopus martius</i>	75,0	0,0–4,0	1,80 ± 0,39	0,0–1,38	0,60 ± 0,12	0
Пестрый дятел <i>Dendrocopos major</i>	100,0	6,3–17,4	11,60 ± 1,14	0,48–1,48	1,00 ± 0,28	↑
Дятел трехпалый <i>Picoides tridactylus</i>	41,7	0,0–2,5	0,82 ± 0,26	0,0–0,17	0,04 ± 0,01	0
Желтоголовый королек <i>Regulus regulus</i>	100,0	6,7–28,2	16,0 ± 1,57	0,12–0,47	0,30 ± 0,03	↑
Длиннохвостая синица <i>Aegithalos caudatus</i>	66,7	0,0–2,4	0,93 ± 0,27	0,0–0,02	0,01 ± 0,01	↑
Черноголовая гаичка <i>Poecile palustris</i>	58,3	0,0–3,0	1,00 ± 0,34	0,0–0,03	0,01 ± 0,03	0
Буроголовая гаичка <i>Poecile montanus</i>	100,0	6,0–25,7	14,00 ± 1,79	0,10–0,95	0,51 ± 0,07	↑
Хохлатая синица <i>Lophophanes cristatus</i>	83,3	0,0–7,8	4,30 ± 0,75	0,0–0,08	0,04 ± 0,02	0
Большая синица <i>Parus major</i>	100,0	5,4–24,6	15,80 ± 1,74	0,10–0,37	0,28 ± 0,03	0
Обыкновенный поползень <i>Sitta europaea</i>	83,3	0,0–2,8	1,20 ± 0,26	0,0–0,02	0,01 ± ?	0
Обыкновенная пищуха <i>Certhia familiaris</i>	100,0	3,4–16,3	10,80 ± 1,10	0,03–0,15	0,09 ± 0,01	0
Сойка <i>Garrulus glandarius</i>	75,0	0,0–3,5	1,30 ± 0,37	0,0–0,56	0,21 ± 0,06	0
Сорока <i>Pica pica</i>	50,0	0,0–2,6	0,90 ± 0,30	0,0–0,54	0,20 ± 0,01	↓
Ворон <i>Corvus corax</i>	58,3	0,0–2,0	0,70 ± 0,21	0,0–2,0	0,70 ± 0,21	0
Чиж <i>Carduelis spinus</i>	58,3	0,0–3,6	1,0 ± 0,33	0,0–0,05	0,04 ± 0,01	F
Обыкновенный снегирь <i>Pyrrhula pyrrhula</i>	50,0	0,0–2,0	0,60 ± 0,21	0,0–0,06	0,05 ± 0,01	F
Количество видов		12–16	13,6 ± 0,40			
Суммарное обилие, ос./км ²		lim 116,3–191,7 $\bar{x} \pm S_x$ 153,0 ± 7,09				
Суммарная биомасса, кг/км ²		lim 4,39–6,40 $\bar{x} \pm S_x$ 5,18 ± 0,20				

Примечание. ? – S_x меньше 0,01; тренд: ↑ – увеличение; ↓ – уменьшение; 0 – стабильно; F – флуктуирует.

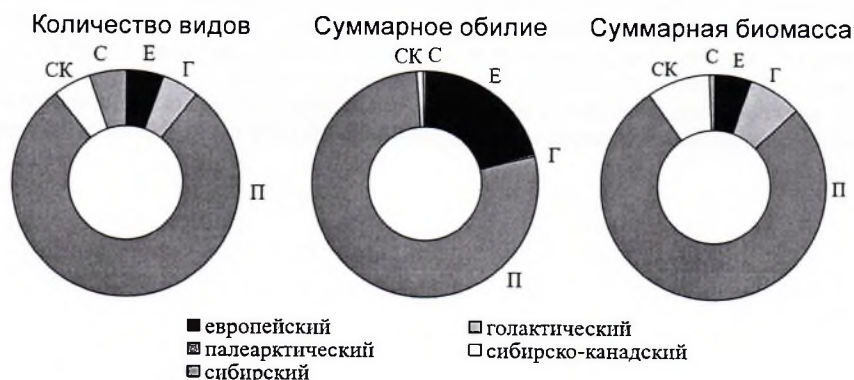


Рисунок. – Фаунистическая структура зимнего орнитокомплекса сосняков черничных (по [16])

длиннохвостая синица, буроголовая гаичка и желтоголовый королек) демонстрирует рост численности (21,1 %). У двух видов (чиж и обыкновенный снегирь) численность флуктуирует.

Выводы

Исследования населения птиц в зимний период в сосняках черничных юго-западной и центральной Беларуси показали, что видовой состав птиц этих лесов существенных изменений не претерпел (19), суммарное обилие в различные годы варьирует от 116,3 до 191,7 ос./км², в среднем 153,0 ± 7,09, суммарная биомасса – от 4,39 до 6,40 кг/км², в среднем 5,18 ± 0,20. Стабильные тренды численности характерны для 47,4 % видов, затем следуют отрицательные и положительные тренды (по 21,1 % видов). Хотя межгодовые колебания численности населе-

ния птиц довольно существенны, но в целом состав доминирующих по обилию видов изменяется незначительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wild birds indicators in Europe: latest results from the Pan-European Common Bird Monitoring (PECBMS) / A. Kivanova [et al.] // Avocetta. – 2009. – № 33. – P. 7–12.
2. Leech, D. I. Influence of climate change on the abundance, distribution and phenology of woodland bird species in temperate regions / D. I. Leech, H. Q. P. Crick // Ibis. – 2007. – Vol. 149 (s2). – P. 128–145.
3. Равкин, Ю. С. Факторная зоогеография: принципы, методы и теоретические представления / Ю. С. Равкин, С. Г. Ливанов. – Новосибирск, 2008. – 205 с.

4. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйш. шк., 1973. – 320 с.
5. The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/>. – Дата доступа: 15.03.2020.
6. Преображенская, Е. С. Динамика численности некоторых массовых зимующих птиц в лесах Европейской России с 1980-х по 2000-е гг. / Е. С. Преображенская // Динамика численности птиц в наземных ландшафтах. 30-летие программ мониторинга зимующих птиц России и сопредельных регионов : материалы Всерос. науч. конф., ЗБС МГУ, 17–21 марта 2017 г. – М., 2017. – С. 54–64.
7. Иноземцев, А. А. Птицы и лес / А. А. Иноземцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 302 с.
8. Буйволов, Ю. А. Зимнее население Московской области / Ю. А. Буйволов // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира : тез. докл. – Уфа, 1989. – Ч. 3. – С. 28–30.
9. Федюшин, А. В. Птицы Белоруссии / А. В. Федюшин, М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1967. – 519 с.
10. Долбик, М. С. Ландшафтная структура орнитофауны Белоруссии / М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1974. – 312 с.
11. Абрамова, И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И. В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.
12. Бышневу, И. И. Весенняя динамика населения птиц некоторых типов лесных и болотных экосистем Березинского заповедника / И. И. Бышневу // Заповедники Белоруссии : Исследования. – Минск, 1989. – Вып. 13. – С. 81–89.
13. Бышневу, И. И. Летне-осенняя динамика птиц некоторых типов лесных и болотных экосистем Березинского заповедника / И. И. Бышневу // Заповедники Белоруссии : Исследования. – Минск, 1991. – Вып. 15. – С. 134–143.
14. Шкляров, Л. П. Зимняя орнитофауна Беларуси: структурно-функциональный состав, изменения за 50 лет / Л. П. Шкляров // Структурно-функциональное состояние биологического разнообразия животного мира Беларуси : тез. докл. VIII зоол. науч. конф. – Минск, 1999. – С. 146–147.
15. Птицы Беларуси на рубеже XXI века / М. Е. Никифоров [и др.]. – Минск : Изд. Н. А. Королев, 1997. – 188 с.
16. Voous, K. H. Die Vogelwelt Europas / K. H. Voous. – Hamburg, 1962. – 284 s.

THE DYNAMICS OF THE WINTER BIRD POPULATION IN WHORTLEBERRY PINE FORESTS IN SOUTH-WESTERN AND CENTRAL BELARUS ABRAMOVA I.

The article tracks the changes in the winter bird population in whortleberry pine forests in winter in south-western and central Belarus. The field work was performed in the years 2005–2019 applying the conventional bird count methods.

The study revealed that in mossy pine forests are found four orders of bird. The bird species diversity changed from 12 to 16 species (on the average $13,6 \pm 0,40$), overall abundance – from 116,3 to 191,7 birds/km² ($153,0 \pm 7,09$), overall biomass – from 4,39 to 6,40 kg/km² ($5,18 \pm 0,20$). In the bird community were dominated Passeriformes. The ornithological variety included 4 types of fauna. In the bird population were dominated by the Palaearctic types of fauna. Stable population trends are typical for 47,4 % of the species, positive and negative population trends are inherent for 21,1 % of the species.

УДК 502.63

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ р. МУХАВЕЦ

А. А. Волчек, М. А. Таратенкова

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

Рассматривается обеспеченность гидрохимических параметров для р. Мухавец в створе выше г. Бреста, таких как растворенный кислород, БПК₅, взвешенные вещества, общая минерализация, ХПК. Подобран закон распределения для данных параметров и выведено уравнение плотности вероятности.

Введение

Интенсификация антропогенного воздействия на водные ресурсы требует изменения к нормированию и методологическому подходу при определении количественных характеристик. Зачастую использование среднегодовых гидрохимических параметров не дает возможности адекватно оценить состояние водных экосистем.

При проектировании водохозяйственных, строительных и дорожных сооружений широко применяется критерий обеспеченности гидрологических величин. Данный показатель отражает вероятность превышения характеристики среди возможных ее значений. Чаще всего требуется определить гидрологическую характеристику заданной обеспеченности, что легко решается, если известен закон распределения данной величины. Однако на практике закон распределения чаще всего не известен. Что же касается определения обеспеченности гидрохимических величин, то упоминаний в литературе, не встречается. Поэтому исследование данного вопроса представляет практический интерес для инженерно-технических расчетов при водохозяйственном проектировании.

Цель работы – установление закона распределения обеспеченности гидрохимических показателей.

Методика и объекты исследования

При проведении исследований использовались данные Государственного водного кадастра (ГВК) Республики Беларусь с 2010 по 2019 г. В качестве исходного материала применялись временные ряды по р. Мухавец в створе выше г. Бреста по следующим гидрохимическим показателям: БПК₅, взвешенные вещества, общая минерализация, ХПК, растворенный кислород.

Эмпирическая обеспеченность определялась по формуле:

$$p = \frac{m}{(n+1)} 100\%, \quad (1)$$

где m – порядковый номер x в ранжированном ряду; n – длина ряда.

По перечисленным выше гидрохимическим показателям построены эмпирические кривые обеспеченности, по которым подобран закон распределения обеспеченности. Соответствие эмпирического закона распределения обеспеченности гидрохимических параметров осуществлялось для нормального распределения по критерию согласия χ^2 .

Река Мухавец является типичной рекой Полесья, испытывающей нагрузку антропогенного характера от урбанизированной территории. Ранее в нашей работе [1] исследован гидрохимический режим реки, а также найдены закономерности между такими параметрами, как общая минерализация и удельная электропроводность от расхода. По результатам исследования [2, 3] выявлено, что распределение плотности вероятностей некоторых показателей качества воды подчиняется двухпараметрическому логнормальному закону. В работе [4] исследована синхронность распределения гидрохимических параметров на р. Мухавец на створах 1,7 км ниже г. Кобрин и 0,8 км выше г. Бреста.

Результаты и их обсуждение

В работе выдвинута гипотеза о том, что математической моделью для описания динамики гидрохимических процессов может являться случайная величина, которая характеризуется неким законом распределения. Данный подход нашел широкое применение в гидрологии, климатологии и других естественных науках. Информация о применении методов для гидрохимических параметров в литературе отсутствуют.

Как уже было сказано выше, случайная величина (x) характеризуется законом распределения. Аналитически закон выражается функцией распределения, которая описывается в виде параметрического выражения. При такой записи для каждого значения случайной величины соответствующее значение функции распределения однозначно определяется параметрами аналитического выражения [5].

При определении закона распределения гидрохимических величин выбор типа функции распределения следует производить с учетом области изменения ее аргумента. Изменения величины гидрохимических параметров обычно превышают нуль и теоретически не ограничены верхним пределом.

При рассмотрении распределения некоторых гидрохимических параметров (рисунок 1) наблюдается определенная асимметричность, что и основывает предположение о логнормальном распределении.

Логнормальное распределение предполагает, что логарифм случайной величины ($z = \ln x$) распределен по нормальному закону. Интегральная функция распределения в этом случае имеет вид:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \exp\left(-\frac{s^2}{2}\right) ds, & x > 0 \end{cases} \quad (2)$$



Рисунок 1. – Гистограмма распределения взвешенных веществ

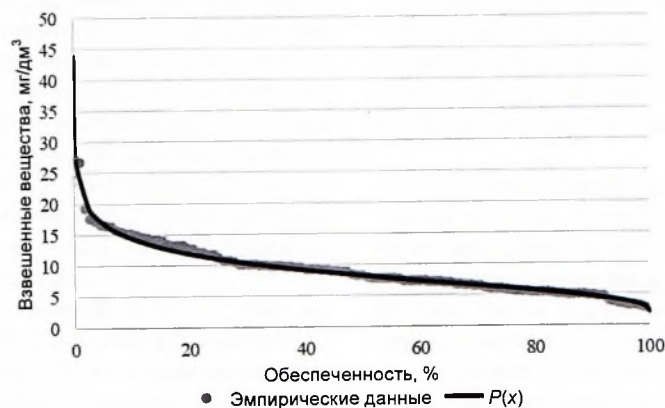


Рисунок 2. – График обеспеченности взвешенных веществ

$$u = \frac{(z - m_z)}{\sigma_z}, \quad (3)$$

где s – интегрированная переменная; m_z – математическое ожидание случайной величины z ; σ_z – среднеквадратическое отклонение случайной величины z .

Продифференцировав выражение (2), получаем функцию плотности вероятности логнормального распределения:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{1}{\sigma_z x} f(u) = \frac{1}{\sigma_z x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right), & x > 0 \end{cases} \quad (4)$$

По выражениям (2) и (3) видно, что закон распределения зависит от двух параметров: математического ожидания и среднеквадратического отклонения случайной величины.

Дисперсия, стандартное отклонение и математическое ожидание нормального распределения случайной величины и логнормального распределения связаны следующими соотношениями [5]:

$$D_z = \sigma_z^2 = \ln\left(\frac{\sigma_x^2}{m_x^2} + 1\right), \quad (5)$$

$$m_z = \ln(m_x) - \frac{\sigma_z^2}{2}. \quad (6)$$

Ряды наблюдений гидрохимических параметров имеют, как правило, ограниченную длину, что не позволяет определить значения максимальной

или большей обеспеченности. Для решения этой задачи построена аналитическая кривая распределения, которая логически определяет значение параметра любой обеспеченности. Кривые распределения обеспеченности построены для таких параметров, как БПК₅, взвешенные вещества, растворенный кислород, ХПК, общая минерализация. В качестве примера приведена кривая распределения для параметра взвешенные вещества (рисунок 2).

В таблице приведены уравнения плотности вероятности для распределения гидрохимических параметров, а также параметры логнормального распределения.

Таблица. – Параметры логнормального распределения

Показатель	Уравнение плотности вероятности логарифмически нормального распределения	Параметры логнормального распределения
БПК ₅	$f(x) = \frac{1}{0,73} \exp\left(-\frac{(\ln x - 0,29)^2}{0,87}\right)$	$m_z = 0,29$ $\sigma_z = 0,66$
Взвешенные вещества	$f(x) = \frac{1}{1,12} \exp\left(-\frac{(\ln x - 2,10)^2}{0,41}\right)$	$m_z = 2,10$ $\sigma_z = 0,45$
Минерализация	$f(x) = \frac{1}{0,28} \exp\left(-\frac{(\ln x - 5,82)^2}{0,02}\right)$	$m_z = 5,82$ $\sigma_z = 0,11$
Растворенный кислород	$f(x) = \frac{1}{0,55} \exp\left(-\frac{(\ln x - 2,14)^2}{0,10}\right)$	$m_z = 2,14$ $\sigma_z = 0,22$

Окончание таблицы

Показатель	Уравнение плотности вероятности логарифмически нормального распределения	Параметры логнормального распределения
pH	$f(x) = \frac{1}{0,06} \exp\left(-\frac{(\ln x - 2,04)^2}{0,01}\right)$	$m_z = 2,04$ $\sigma_z = 0,03$
ХПК	$f(x) = \frac{1}{0,37} \exp\left(-\frac{(\ln x - 3,75)^2}{0,06}\right)$	$m_z = 3,75$ $\sigma_z = 0,18$

Выводы

В результате исследований был выявлен тот факт, что распределение обеспеченности гидрохимических величин, таких как БПК₅, взвешенные вещества, растворенный кислород, ХПК и общая минерализация, подчиняются логнормальному закону распределения. Это позволяет определять эти параметры с заданной обеспеченностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек, А. А. Характеристика качества поверхностных вод Брестской области / А. А. Волчек, М. А. Таратенкова // Материалы Междунар. конф., посвящ. 145-летию УП «Минскводоканал» : в 2 ч. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 32–36.

2. Волчек, А. А. Статистическое моделирование изменения макроионного состава рек на примере реки Мухавец / А. А. Волчек, М. А. Таратенкова // Сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., приурочен к 1000-летию города Бреста «Актуальные проблемы наук о Земле исследования трансграничных регионов» : в 2 ч. – Брест, 2019. – Ч. 2. – С. 6–10.
3. Волчек, А. А. Моделирование гидрохимических показателей качества реки Мухавец // А. А. Волчек, М. А. Таратенкова // Сб. материалов рег. науч.-практ. конф., приурочен к 50-летию кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов «Перспективные методы очистки природных и сточных вод». – Брест, 2019. – С. 18–23.
4. Волчек, А. А. Оценка асинхронности гидрохимических параметров / А. А. Волчек, М. А. Таратенкова // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / сост. Л. С. Новопольцева ; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар, 2020. – С. 401–404.
5. Сикан, А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / А. В. Сикан. – СПб. : РГГМУ, 2007. – 279 с.

**AVAILABILITY OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF RIVER WATERS ON THE EXAMPLE OF THE MUKHAVETS RIVER
VOLCHAK A., TARATSENKAVA M.**

The article considers the availability of hydrochemical parameters for the Mukhavets river in the range above Brest, such as dissolved oxygen, BOC₅, suspended solids, total mineralization, COD. The distribution law for these parameters is selected and the probability density equation is derived.

УДК 556.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА р. ПРИПЯТЬ

А. А. Волчек, С. И. Парфомук, С. В. Сидак

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

Исследованы данные о минимальных летне-осенних расходах воды р. Припять в створе г. Мозырь. На их основе построены кривые обеспеченности, сглаживание и экстраполяция которых проведена двумя типами распределений – трехпараметрическим гамма-распределением и распределением Вейбулла. Оба эти распределения удовлетворительно сглаживают эмпирические данные. Незначительное преимущество имеет распределение Вейбулла.

Введение

Учитывая происходящее в последние десятилетия потепление климата и большую вероятность дальнейшего продолжения этой тенденции в ближайшее время, первоочередной задачей является проблема оценки изменений речного стока, тем более, что обеспечение эффективного и безопасного использования водных ресурсов требует надежного определения параметров, характеризующих режим речного стока [1]. Для предотвращения экологических проблем особое внимание уделяется расчетам характеристик минимального стока. Надежные данные о минимальном стоке рек требуются при проектировании хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения, развитии орошения и др.

Не стоит забывать и о воздействии антропогенных факторов, влияющих непосредственно на величину минимальных расходов в виде изъятий, сбросов и регулирования стока, а также косвенно в виде хозяйственной деятельности на реках. Как показывают исследования и анализ характеристик минимального стока по данным некоторых гидропостов, расположенных в верховьях р. Припять, значительное влияние на формирование меженного стока рек этого района имеет хозяйственная деятельность человека. В связи с интенсивным развитием в последние годы в бассейне Припяти сельского хозяйства, увеличением количества животноводческих комплексов, внесением на поля большого количества минеральных удобрений, сопровождающимся их выносом в реки, встает проблема охраны природных вод. Традиционно также использование речных вод для водопотребления. На Припяти к городам, потребляющим большой объем воды, относятся Пинск и Мозырь. Соответственно, очень маловодные периоды в результате засух приводят к значительным негативным изменениям гидрологического режима рек и гидрогеологического режима прилегающих территорий, ухудшению характеристик качества воды, трудностям и даже к невозможности водопользования. Эту проблему можно решить только при строгом соблюдении научных рекомендаций и наличии достоверных характеристик гидрологического режима.

Учитывая вышеперечисленные факторы, на сегодняшний день одной из актуальных задач гидрологии является разработка методов расчета характеристик минимального стока при различной длительности наблюдений с учетом влияния про-

исходящих климатических изменений и антропогенной нагрузки. Решение такой задачи должно обязательно включать в себя следующие этапы:

- 1) исследование статистической структуры рядов с определением однородности исходной информации в силу того, что процесс изменения климата и антропогенная нагрузка ставят под сомнение концепцию стационарности многолетних колебаний минимального стока;
- 2) обоснование выбора репрезентативности рядов для расчета параметров кривых распределения;
- 3) выбор теоретической функции распределения;
- 4) оценка качества кривых распределения.

Однако вопрос о выборе теоретической функции распределения для адекватного описания эмпирических кривых распределения вероятностей и оценке ее качества недостаточно исследован, а использование различных функций не дает однозначных результатов.

Как правило, в отечественной гидрологии для описания эмпирических кривых распределения применяют следующие аналитические кривые: кривая Пирсона III типа (биномиальная) и кривая Крицкого-Менкеля (трехпараметрическое гамма-распределение). В зарубежной литературе многие работы по исследованию минимального стока выполнены с применением распределения Вейбулла. Использование этого распределения при расчете экстремальных гидрометеорологических явлений рекомендовано МАГАТЭ, а эффективность его применения подтверждена в работах многих зарубежных авторов (Макмагона, Густарда, Пилона).

С помощью критерия хи-квадрат и критерия Колмогорова-Смирнова можно провести оценку правильности выбора типа теоретической кривой. Однако, как показали расчеты, на результаты такой проверки в целом мало влияют различия в нижней части распределений, которые представляют особый интерес при исследовании минимального стока.

Цель работы – оценка многолетних изменений минимального летне-осеннего суточного стока р. Припять в створе г. Мозырь, проверка этого ряда на однородность, построение эмпирической и теоретической кривой распределения минимальных расходов воды (используя трехпараметрическое распределение и распределение Вейбулла).

Методика и объекты исследования

В качестве исходной гидрологической информации использованы данные наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Мини-

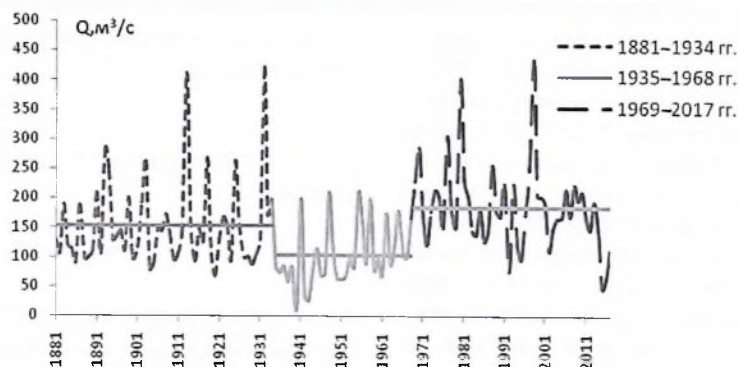


Рисунок 1. — График многолетнего колебания минимального стока р. Припять в створе г. Мозырь за период 1881–2017 гг.

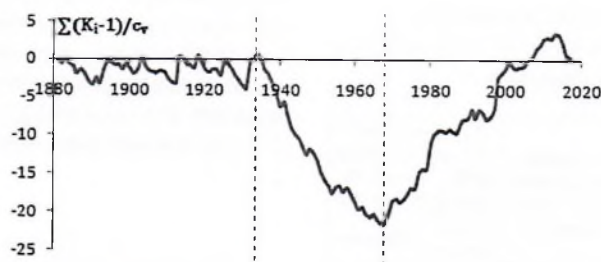


Рисунок 2. — Разностно-интегральная кривая минимальных суточных расходов воды за летне-осенний период (р. Припять – г. Мозырь)

стерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за минимальными суточными расходами воды р. Припять в створе г. Мозырь в летне-осенний сезон. Период исследования составил 137 лет (с 1881 по 2017 г.). Пропуски в рядах данных были восстановлены с помощью компьютерного программного комплекса «Гидролог» [2, с. 57].

При статистическом анализе временных рядов минимальных расходов воды использованы следующие методы:

для выявления тенденций изменений стока использованы хронологические графики колебаний, разностные интегральные кривые;

для оценки различий в статистических параметрах использованы критерий Стьюдента и критерий Фишера;

для построения аналитических кривых обеспеченности использованы трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Вейбулла.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента (t) определяется по формуле:

$$t = \frac{\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (1)$$

где $\bar{Q}_1, \bar{Q}_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2$ – средние значения и дисперсии двух последовательных выборок соответственно; n_1, n_2 – объемы выборок.

Для оценки однородности по критерию Стьюдента необходимо сравнить расчетные значения t , полученные по формуле (1), и критические значения статистики $t_{кр}$ при заданном уровне значимости. Как правило, уровень значимости задается равным

5 %, что равнозначно принятию нулевой гипотезы об однородности временного ряда с вероятностью 95 %. Если $t > t_{кр}$, то гипотеза об однородности для двух частей ряда отклоняется. Соответственно, ряд рассматриваемой гидрологической характеристики признается неоднородным.

Для оценки однородности дисперсий двух последовательных частей ряда использованы значения статистики Фишера F :

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \text{ при } \sigma_1^2 > \sigma_2^2. \quad (2)$$

Если расчетное значение статистики критерия $F < F_{кр}$ при заданных степенях свободы, то гипотеза об однородности дисперсий принимается при заданном уровне значимости α .

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 приведен хронологический график многолетних колебаний минимальных суточных расходов воды р. Припять в створе г. Мозырь в летне-осенний период за 1881–2017 гг.

Для анализа многолетней изменчивости исследуемых данных использованы разностно-интегральные кривые (РИК). По результатам анализа РИК выбраны переломные годы, соответствующие смене фазы водности (рисунок 2). Для створа р. Припять – г. Мозырь переломными являются 1934–1935 и 1968–1969 гг.

Ряды минимальных расходов воды проверены на однородность. Результаты расчетов, приведенные в таблице 1, указывают на нарушение однородности рассматриваемого ряда по среднему значению между тремя последовательными периодами и по дисперсии за период 1881–1968 гг. Это позво-

лило выделить три условно однородных периода в рядах минимального летне-осеннего стока: 1881–1934, 1935–1968, 1969–2017 гг. На рисунке 1 показаны средние значения минимального стока по трем выделенным периодам. Характеристики минимального стока как за весь период наблюдений, так и с разбивкой на периоды, приведены в таблице 2.

Если предполагать, что климат значительно изменился в сторону потепления и не вернется в предыдущие состояния, то для построения кривой обеспеченности достаточно использовать данные за период 1969–2017 гг. (последний стационарный участок). Однако нет оснований полагать, что климат не вернется в предыдущее состояние и не изменится

Таблица 1. – Оценка однородности минимального суточного летне-осеннего стока р. Припять – г. Мозырь

Периоды сравнения	Число лет наблюдений	Среднее значение, м³/с	Среднее квадратическое отклонение, м³/с	Критерии (расчетное значение критерия / критическое значение)	
				Стьюдента	Фишера
1881–1934	54	152,02	73,48	3,39/	1,93/
1935–1968	34	103,29	52,92	2,28	1,90
1935–1968	34	103,29	52,92	5,69/	1,82/
1969–2017	49	184,39	71,48	2,28	1,92

Таблица 2. – Характеристики минимального суточного стока в летне-осеннюю межень (р. Припять – г. Мозырь)

Период наблюдений	Число лет наблюдений	$Q_{ср}$, м³/с	C_v	C_s
1881–2017	137	151,50	0,49	1,35
1881–1934	54	152,02	0,48	2,01
1935–1968	34	103,29	0,51	0,69
1969–2017	49	184,39	0,39	1,29

степень антропогенной нагрузки. По этой причине в случае нарушения однородности рядов стока рекомендуется построение аналитических и эмпирических кривых распределения отдельно для каждой однородной части ряда [3, с. 82]. Для построения кривых обеспеченности минимальных суточных расходов воды р. Припять в створе г. Мозырь использованы данные двух последних условно однородных периодов, соответствующих разным фазам водности: 1935–1968 гг. и 1969–2017 гг. После подбора для каждого участка закона распределения построена суммарная кривая обеспеченности с весами, пропорциональными длинам выборок. В этом случае для плотности распределения $f(Q)$ и кривой обеспеченности $P(Q)$ справедливы следующие формулы:

$$f(Q) = \alpha_1 f_1(Q) + \alpha_2 f_2(Q), \quad (3)$$

$$P(Q) = 1 - \int_0^Q [\alpha_1 f_1(Q) + \alpha_2 f_2(Q)] dQ, \quad (4)$$

где $\alpha_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$; $\alpha_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$ – весовые коэффициенты; n_1, n_2 – число членов в каждой из двух однородных совокупностей. Весовые коэффициенты можно

задать и другими способами, но необходимо выполнение условия:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1. \quad (5)$$

Расчет эмпирической вероятности выполнен по формуле:

$$P = \frac{m}{n+1} 100 \%, \quad (6)$$

где m – порядковый номер членов ряда минимальных расходов воды, расположенных в убывающем порядке; n – общее число членов ряда.

Сглаживание и экстраполяция кривых обеспеченности проведены с использованием трехпараметрического гамма-распределения и трехпараметрического распределения Вейбулла [4]. Все расчеты сделаны в системе Mathcad.

Плотность трехпараметрического гамма-распределения, функция распределения и теоретическая вероятность превышения определяются по формулам:

$$f(x) = \frac{1}{b\Gamma(\alpha)} \left(\frac{\Gamma(\alpha+b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{\frac{\alpha}{b}} x^{\frac{\alpha}{b}-1} e^{-\left(\frac{\Gamma(\alpha+b)}{\Gamma(\alpha)} x \right)^{\frac{1}{b}}}, \quad (6)$$

$$F(x) = \int_0^x f(t) dt, \quad (7)$$

$$P(Q) = 1 - F\left(\frac{Q}{Q}\right), \quad (8)$$

где параметры α и b получены в результате численного решения системы интегральных уравнений [5, с. 5]:

$$\begin{cases} \lambda_2 + \ln\left(\frac{\Gamma(\alpha+b)}{\Gamma(\alpha)}\right) - \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \int_0^\infty t^{\alpha-1} \ln(t) e^{-t} dt = 0 \\ \alpha \lambda_2 - \left(\frac{\Gamma(\alpha+b)}{\Gamma(\alpha)}\right)^{\frac{1}{b}} \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \ln(k_i) k_i^{\frac{1}{b}} \right] + b = 0 \end{cases}, \quad (9)$$

где $k_i = \frac{Q_i}{Q}$ – модульные коэффициенты,

$\lambda_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \ln(k_i)$ – параметр ряда модульных коэффициентов.

Для распределения Вейбулла функция плотности вероятности и функция обеспеченностей имеют вид:

$$f(x) = \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{x-c}{a}\right)^{(b-1)} \exp\left(-\left(\frac{x-c}{a}\right)^b\right), \quad (10)$$

$$P(Q) = \exp\left(-\left(\frac{Q-c}{a}\right)^b\right), \quad (11)$$

где a – коэффициент масштаба; b – коэффициент формы; c – коэффициент сдвига.

Результаты полученных эмпирических и теоретических кривых представлены на рисунке 3.

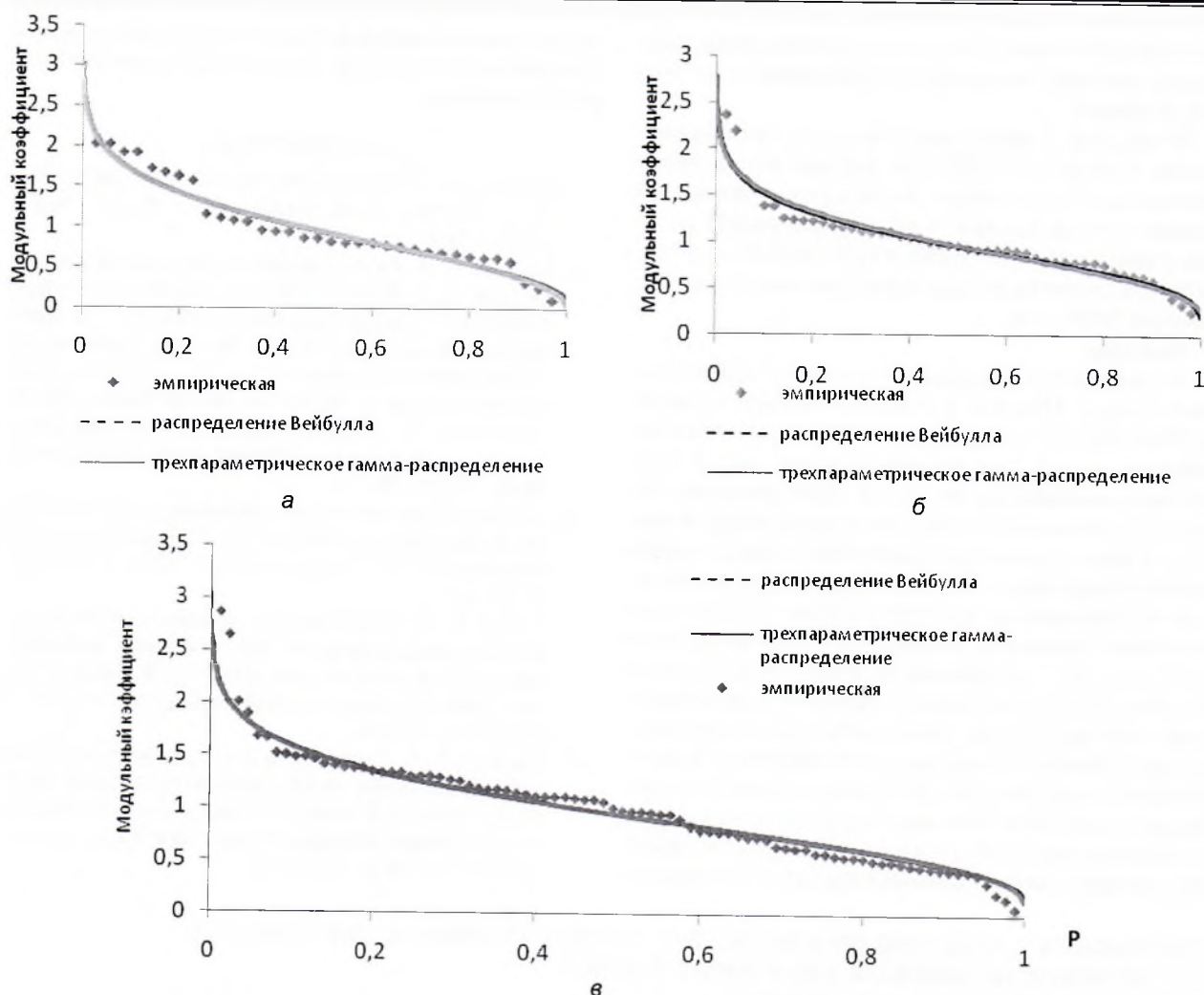


Рисунок 3. – Эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей минимальных летне-осенних расходов воды по гидропосту р. Припять – г. Мозырь за различные периоды: 1935–1968 гг. (а), 1969–2017 гг. (б), сумма распределений (в)

Таблица 3. – Значения показателя NSE на разных промежутках ряда

	1935–1968 гг.	
	<i>l</i> = 1 (соответствует обеспеченности 2,8–97,14 %)	<i>l</i> = 27 (соответствует обеспеченности 77,14–97,14 %)
Трехпараметрическое гамма-распределение	0,936	0,732
Распределение Вейбулла	0,938	0,741
	1969–2017 гг.	
	<i>l</i> = 1 (соответствует обеспеченности 2–98 %)	<i>l</i> = 38 (соответствует обеспеченности 76–98 %)
Трехпараметрическое гамма-распределение	0,913	0,799
Распределение Вейбулла	0,921	0,814

При визуальном анализе построенных распределений практически не видно различий между двумя построенными распределениями. Для оценки эффективности построенных кривых применим показатель Нэша-Сатклиффа (*NSE*), вычисляемый по формуле:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (k_{emp_i} - k_{th_i})^2}{\sum_{i=1}^n (k_{emp_i} - \overline{k_{emp}})^2}, \quad (12)$$

где k_{emp} ; k_{th} – эмпирический и теоретический модульные коэффициенты, соответствующие оди-

наковой обеспеченности; l – номер члена ряда, с которого начинается оценка эффективности построенной кривой.

В таблице 3 представлены результаты вычисления показателя NSE при разных значениях l . Результаты построенных теоретических кривых на основе трехпараметрического гамма-распределения и распределения Вейбулла отличаются незначительно. Некоторое преимущество имеет распределение Вейбулла.

Выводы

В результате анализа изменений минимального стока р. Припять в створе г. Мозырь за период 1881–2017 гг. установлено, что характер его колебаний может рассматриваться как смена трех условно однородных периодов. Для описания нестационарных колебаний стока использована модель в виде суммы распределений, позволяющая аппроксимировать нестационарные распределения. Используемые в исследовании трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Вейбулла для построения аналитических кривых обеспеченности хорошо согласуется с эмпирическими точками, однако показатель NSE для распределения Вейбулла несколько превышает аналогичный показатель для трехпараметрического гамма-распределения. Это подтверждает возможность оценки минимального стока рек с помощью выбранного распределения, удовлетворительно сглажива-

ющего эмпирические кривые для получения более близких к фактическим процентилям минимальных расходов воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест : БрГУ, 2010. – 169 с.
2. Волчек, А. А. Автоматизация гидрологических расчетов / А. А. Волчек // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды : тр. Междунар. научн.-практ. конф. по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений / Брест. политех. ин-т. – Биберах ; Брест ; Ноттингем, 1998. – С. 55–59.
3. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга / М. В. Болгов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 3. – С. 75–85.
4. Сикан, А. В. Практические приемы оценки параметров распределения Вейбулла при выполнении гидрологических расчетов / А. В. Сикан // Уч. зап. Рос. гос. гидрометеоролог. ун-та. – 2011. – № 19. – С. 37–46.
5. Наумов, В. А. Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов / В. А. Наумов // Вестн. науки и образования Северо-Запада России : электрон. журн. – 2016. – Т. 2, № 3. – С. 1–11.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STATISTICAL DISTRIBUTIONS ON THE EXAMPLE OF THE MINIMUM RIVER OF THE PRIPYAT RIVER VOLCHAK A., PARFOMUK S., SIDAK S.

The data on the minimum summer-autumn water discharges of the Pripyat River in the Mazyr section are investigated. Based on these data, security curves were constructed, the smoothing and extrapolation of which was carried out by two types of distributions – a three-parameter gamma distribution and a Weibull distribution. Both of these distributions satisfactorily smooth empirical data. Weibull distribution has a slight advantage.

УДК 631.423.2

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

А. А. Волчек¹, О. П. Мешик¹, В. Е. Валуев¹, Ю. А. Мажайский², О. В. Черникова²

¹Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

²Академия ФСИН России, г. Рязань, Российская Федерация

Представлены результаты разработки метода для оценки и оптимизации водного режима на мелиорируемых землях. Реализация метода возможна при управлении сооружениями мелиоративных систем на основании рассчитанного гидрографа влажности корнеобитаемого слоя почвы.

Введение

Сельскохозяйственное поле по комплексу своих свойств (рельеф, микрорельеф, почвенный покров, геологические условия, характер и густота растений, естественное водное и минеральное питание и др.), как правило, чрезвычайно неоднородно. Для обеспечения экологически безопасного режима увлажнения (орошения) необходим оперативный инструментальный контроль динамики почвенных влагозапасов. Однако реализовать эту задачу с малыми затратами с учетом фактической пестроты свойств сельскохозяйственного поля очень затруднительно.

Методика и объекты исследования

Максимальная урожайность сельскохозяйственных культур достигается при максимальной интенсивности эвапотранспирации, достаточном притоке влаги к корневой системе и тепла к испаряющей поверхности. Нижняя граница влагозапасов определяется подвижностью почвенной влаги и составляет примерно 60–80 % от наименьшей влагоем-

кости (W_{lw} , W_{max}) (рисунок, линия 1). Эта граница представляет собой влажность разрыва водных капиллярных связей (W_{crw} , W_{min}) (рисунок, линия 2).

Наименьшая влагоемкость (W_{lw}) является верхней границей оптимальной увлажненности корнеобитаемого почвенного слоя (рисунок, линия 1). Таким образом, динамика текущих почвенных влагозапасов (W_{oi}) должна отвечать условию (рисунок, линия 7 – для многолетних трав)

$$W_{crw} \leq W_{oi} \leq W_{lw} \quad (1)$$

В критические фазы развития растений влажность почвы W_{oi} должна быть близкой к W_{lw} , но в отдельные стадии вегетации возможно ее снижение до значений, близких к W_{crw} . Влажность корнеобитаемого слоя почвы удерживается в некотором среднем диапазоне (рисунок, линия 3), который определяется как

$$V_{om} = \frac{W_{maxi} + W_{mini}}{2W_{max}} \approx \frac{W_{lw} + W_{crw}}{2W_{lw}} \quad (2)$$

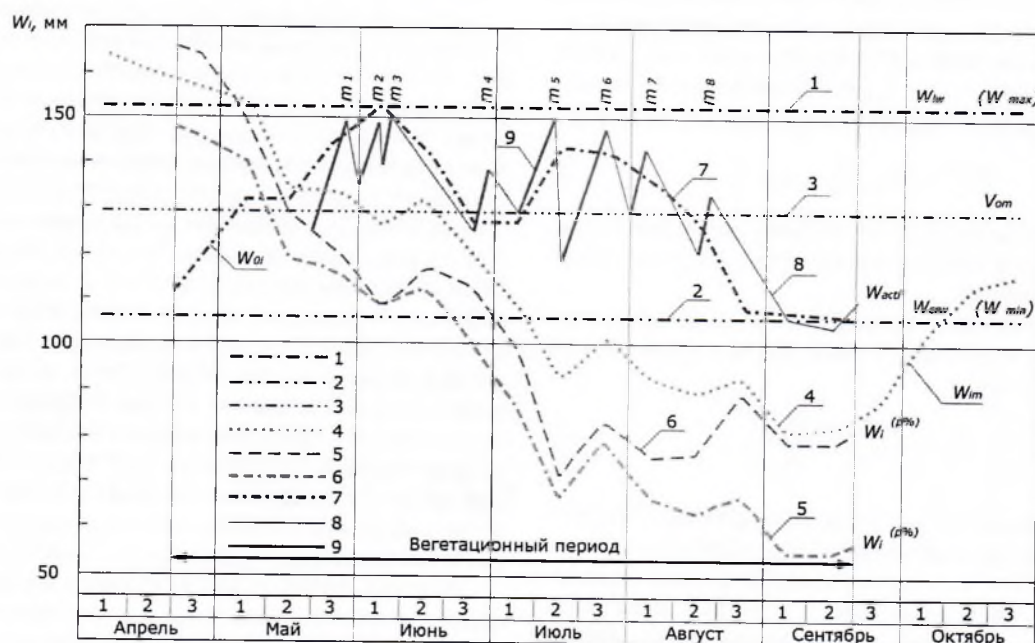


Рисунок. – Динамика влагозапасов в корнеобитаемом слое (0,5 м) суглинистых почве: 1 – наименьшая влагоемкость (W_{lw}); 2 – влажность разрыва капиллярных связей (W_{crw}); 3 – средняя за вегетацию относительная влажность (V_{om}); 4 – средняя многолетняя ($P = 50\%$) влажность (W_{im}); 5 – равнообеспеченная ($P = 75\%$) влажность ($W_i^{P\%}$); 6 – скорректированная по расчетному году влажность ($W_i^{P\%}$); 7 – влажность заданного для многолетних трав уровня оптимума (W_o); 8 – фактическая влажность почвы (W_{act}); 9 – поливная норма (m), мм

Результаты и их обсуждение

Для управления водно-воздушным режимом почв необходим фактический (рассчитанный) гидрограф влажности почвы корнеобитаемого слоя. В связи с тем, что влажность почвы имеет стохастическую природу и зависит от целого ряда случайных факторов, то при построении гидрографа можно использовать методы математической статистики. Наиболее точно рассчитывается гидрограф естественной влажности почвы для среднего многолетнего периода (рисунок, линия 4). Этот гидрограф может служить основой для моделирования динамики почвенных влагозапасов и разработки типовых гидрографов почвенных влагозапасов различных обеспеченностей (рисунок, линия 5).

В настоящее время предлагаются разнообразные модели, описывающие динамику почвенных влагозапасов с той или иной степенью точности [1, 2], но для практических целей наиболее приемлем воднобалансовый метод

$$W_{ei} = W_{bi} + X_i - E_{oi} - Y_i + G_i - J_i, \quad (3)$$

где W_{ei} , W_{bi} – запасы влаги на конец и начало соответственно расчетного интервала времени (i – месяц, декада, сутки), мм; X_i – сумма атмосферных осадков за расчетный интервал времени, мм; E_{oi} – оптимальное водопотребление сельскохозяйственной культуры, мм; Y_i – поверхностный сток, мм; G_i – грунтовая составляющая водного баланса расчетного слоя почвы, мм; J_i – инфильтрация почвенной влаги в более глубокие слои из зоны аэрации, мм.

Как показывают исследования [3], распределение вероятностей величин влажности почвы подчиняется нормальному закону и определяется двумя параметрами (средним многолетним значением – W_{im} ; коэффициентом вариации – C_{vi}), а обеспеченные величины влагозапасов ($W_i^{P\%}$) могут рассчитываться по схеме

$$W_i^{P\%} = W_{im} (C_{vi} F_{P\%} + 1), \quad (4)$$

где $F_{P\%}$ – нормированные отклонения ординат кривой расчетной обеспеченности от среднего многолетнего значения.

Исследования показали, что коэффициент вариации (C_{vi}) можно достаточно точно определять по зависимости [3]

$$C_{vi} = \lambda \left(\frac{W_{lw}}{W_{im}} + \frac{W_{lw}}{W_{lw}} \right), \quad (5)$$

где λ – эмпирический коэффициент, зависящий от влагоемкости почвы и естественной ее увлажненности.

Определяя влажность корнеобитаемого слоя почвы за вегетационный период в характерные годы, необходимо учитывать асинхронность хода рассчитанных (рисунок, линия 5) обеспеченных значений почвенных влагозапасов ($W_i^{P\%}$) с реальным их ходом в год той же обеспеченности ($W_i^{P\%}$) (рисунок, линия 6). Поэтому влажность почвы ($W_i^{P\%}$), полученная для характерных лет по уравнению (4), требует корректировки с учетом реального ее хода в аналогичном реальном году расчетной обеспеченности

($W_i^{P\%}$). Схематизируя внутригодовое распределение выявленных невязок, надо исходить из наличия критических периодов (фаз) развития культур, в которые они наиболее чувствительны к колебаниям почвенных влагозапасов. Скорректированные значения влажности почвы ($W_i^{P\%}$) любой обеспеченности оцениваются по выражению

$$W_i^{P\%'} = W_i^{P\%} - \frac{\sum_{i=1}^n W_i^{P\%} (1 - \alpha_w(P)) (K_{bmax}^{P\%} - K_{bi}^{P\%})}{\sum_{i=1}^n (K_{bmax}^{P\%} - K_{bi}^{P\%})}, \quad (6)$$

где $K_{bmax}^{P\%}$ – максимальное декадное значение коэффициента водопотребления (биологического, биоклиматического и т. п.) $P\%$ -ной обеспеченности; $K_{bi}^{P\%}$ – значение коэффициента водопотребления той же обеспеченности; $\alpha_w(P)$ – коэффициент перехода от значений влажности почвы ($W_i^{P\%}$) к скорректированным ее значениям ($W_i^{P\%'}$).

Анализ асинхронности обеспеченностей влажностей почвенных влагозапасов в смежных интервалах осреднения позволил выявить эмпирическую зависимость для определения переходного коэффициента ($\alpha_w(P)$)

$$\alpha_w(P) = \left(\left(0,915 \exp\left(\frac{26}{W_{lw}}\right) \right) - \alpha_t \exp\left(\frac{\beta_t}{W_{lw}}\right) P \right)^{-1}, \quad (7)$$

где α_t и β_t – эмпирические коэффициенты, зависящие от продолжительности периода вегетации – для периода май–август ($\alpha_t^{V-VIII} = 0,047$, $\beta_t^{V-VIII} = 202$), для периода апрель–октябрь ($\alpha_t^{IV-X} = 0,084$, $\beta_t^{IV-X} = 152$).

Таким образом, можно получить расчетный гидрограф влагозапасов корнеобитаемого слоя почвы любой обеспеченности с учетом биологических особенностей возделываемой культуры. Данный гидрограф может быть использован как стратегический компонент управления режимами почвенных влагозапасов на стадии проектирования и эксплуатации гидромелиоративных систем при управлении линейными и сетевыми сооружениями. При этом реализуются различные типы режимов увлажнительных гидромелиораций, которые можно дополнить технически возможным и экологически необходимым. При надлежащем экономическом обосновании, разрабатываемый эксплуатационный режим гидромелиораций можно назвать «рациональным» [3]. Рациональному режиму гидромелиораций соответствует обоснованная динамика почвенных влагозапасов как в целом за вегетационный период, так и в конкретные фазы развития растений (W_{acti}) (рисунок, линия 8).

Наличие дефицитов (D_i) водного баланса (WB) корнеобитаемого слоя почвы за расчетный интервал времени можно установить из соотношений

$$D_i(H_i)WB = \begin{cases} W_i - W_{lw}, & \text{if } W_i > W_{lw} - \text{требуется осушение;} \\ 0, & \text{if } W_{lw} \geq W_i \geq W_{crw} - \text{гидромелиорации} \\ & \text{не требуются;} \\ W_i - W_{crw}, & \text{if } W_i < W_{crw} - \text{требуется орошение.} \end{cases} \quad (8)$$

При разработке режимов гидромелиораций водохозяйственная задача сводится к описанию естественного внутригодового хода почвенных влагозапасов в корнеобитаемом слое ($W_i^{P\%}$) (рисунок, линия 6), моделированию внутригодового хода значений влажностей почв (W_{acti}) (рисунок, линия 8) с установлением при этом неизбежных диспропорций ($\pm m_{iP\%}$) и путей их ликвидации за счет совмещения кривых 6 и 7 в одну линию (рисунок, линии 8–9).

Декадные значения дефицитов (избытков) водного баланса корнеобитаемого слоя почвы ($\pm m_{iP\%}$) находятся из соотношения

$$\pm m_{iP\%} = W_i^{P\%'} - W_{oi}, \quad (9)$$

где $W_i^{P\%'}$ – фактическая влажность почвы, причем в условиях гидромелиорации это значение не должно опускаться ниже нижнего оптимального уровня, т. е. $W_i^{P\%'} \geq W_{срн}$; W_{min} ; W_{oi} – оптимально потребные почвенные влагозапасы, обеспечивающие оптимальное водопотребление сельскохозяйственной культуры.

Почвенные влагозапасы необходимого уровня оптимальности (W_{oi}) (рисунок, линия 7) задаются соответствующим процентом обеспеченности, рациональным для данного режима гидромелиораций ($W_{oi} = W_{acti}$). Тогда выражение (9) примет вид

$$\pm m_{iP\%} = W_i^{P\%'} - W_{acti}^*, \quad (10)$$

где W_{acti} – рациональное для данного типа режима гидромелиораций значение почвенной влажности (соответствующей обеспеченности).

При этом решается задача наиболее полного копирования линией (W_{acti}) (рисунок, линия 8) хода почвенных влагозапасов заданного уровня оптимальности, отвечающего оптимальному водопотреблению (W_{oi}) (рисунок, линия 7). Это осуществляется мелиоративными воздействиями (m_i) (рисунок, линия 9) в сроки, приуроченные к моментам значительных расхождений кривой 7 и линии 8. При регулировании водного режима почв мелиоративной нормой (m_i) (рисунок, линия 9) в сочетании с естественными почвенными влагозапасами ($W_i^{P\%'}$), формируется рациональная динамика почвенной влажности (W_{acti}). Тенденция изменения естественных почвенных влагозапасов ($W_i^{P\%'}$) должна быть учтена при моделировании рационального их хода в межполивной период (W_{acti}^o)

$$W_{acti}^e = \frac{W_{acti}^b (2W_{ei}^{P\%'} - X_i) + X_i (W_{bi}^{P\%'} + W_{ai}^{P\%'})}{2W_{bi}^{P\%'} + X_i}, \quad (11)$$

где W_{acti}^b – влажность почвы на начало расчетного периода или сформированная в результате проведенного полива (рисунок, линия 8); W_{acti}^e – влажность почвы на конец расчетного периода или первого после полива расчетного интервала времени (рисунок, линия 8); $W_{bi}^{P\%'}$ и $W_{ai}^{P\%'}$ – фактические влажности почвы, соответственно, на начало и конец расчетного периода (рисунок, линия 6); X_i – прогнозируемые атмосферные осадки на расчетный период (i).

Поливные нормы (m_i) получают графически в результате оптимизации почвенных влагозапасов (W_{acti}) (рисунок, линии 8–9). Проекция наклонной линии 9 на абсциссу времени зависит от площади орошаемого поля, поливной нормы, способа орошения, впитывающей способности почв и увязанной с ней интенсивности дождя используемых дождевальными устройствами.

Выводы

Изложенный подход рекомендуется использовать для объективной и качественной оценки естественного водного режима почв на сельскохозяйственных землях при оперативном формировании мелиоративных воздействий в процессе управления сооружениями осушительно-увлажнительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Roderick, M. L. Pan Evaporation Trends and the Terrestrial Water Balance. II. Energy Balance and Interpretation / M. L. Roderick, M. T. Hobbs, G. D. Farquhar // Hydrology and Water Resources. – 2009. – Vol. 4. – doi: 10.1111/j.1749-8198.2008.00214.x
2. Xingyao, P. Probabilistic modeling of soil moisture dynamics of irrigated cropland in the north China plain / P. Xingyao // J. Des Sciences Hydrologiques. – 2011. – Vol. 56. – P. 123–137.
3. Валуев, В. Е. Моделирование динамики почвенных влагозапасов на стадии управления сооружениями мелиоративных систем / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, О. П. Мешик // Вестн. Брест. политех. ин-та. – 2000. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплотехника, экология. – С. 30–35.

METHOD TO MODEL STORED SOIL MOISTURE ON AMELIORATED LANDS VOLCHAK A., MESHYK A., VALUJEV V., MAZHAYSKIY YU., CHERNIKOVA O.

The developed method is recommended to be used for an objective and qualitative assessment of the natural water regime of soils on agricultural land in the operational formation of reclamation impacts in the process of managing the structures of drainage and irrigation systems.

УДК 68.33.29; 34.31.27

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ г. БРЕСТА**И. М. Гаранович¹, В. Т. Демянчик²**¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Изучен таксономический состав древесных насаждений г. Бреста, отмечены наиболее ценные таксоны, дана краткая характеристика экологической значимости объектов, показана их специфика.

Введение

Зеленые насаждения – это одно из важных звеньев на пути стабилизации экологического состояния городов. Во всем мире история садов и парков была всегда связана с историей цивилизации. Вот почему так важно рассматривать историю развития озеленения городов параллельно с историей развития самой местности и населения с целью правильной корректировки процессов озеленения в будущем, разработки новых планов учитывая разработки, проверенные годами.

Анализ схем планировок столиц мира и крупных зарубежных городов показывает, что не во всех городах существуют целостные системы зеленых насаждений. Общей тенденцией является увеличение площадей, занятых парками и скверами, садами и бульварами, по возможности равномерно разместив их по всей территории города. Важную роль играет озеленение улиц и площадей, придомовых участков.

В зеленых насаждениях городов России используется более 500 экзотов, а с участием декоративных форм эта цифра удваивается [1, с. 171].

При анализе зеленых насаждений Варшавы (1668 объектов) установлено, что 29 % таксонов составляют только 10 видов [2, с. 59]. В городах южных воеводств Польши (862 объекта) доминируют липа (25,2 % парков), робиния лжеакация (15,5 %), граб обыкновенный (8,6 %), ясень обыкновенный (8,7 %), дуб черешчатый (7,0 %), конский каштан обыкновенный (6,1 %), клен остролистный (5,8 %), ольха черная (3,1 %), береза повислая (3,1 %), ель европейская (2,0 %) [3, с. 41]. В последние годы придорожное озеленение в Варшаве уменьшилось [4, с. 77]. В Берлине 2592 общественные зеленые территории, что составляет 5053 га, плюс 907 га озеленение улиц [5, с. 9].

Российские ученые выстраивают древесные растения в следующий ряд по мере снижения пылезадерживающей способности: тополь советский пирамидальный, липа мелколистная, вяз мелколистный, боярышник сибирский, тополь дрожащий, черемуха обыкновенная, яблоня ягодная, клен ясенелистный, береза повислая, клен остролистный, тополь гибридный, тополь бальзамический [6, с. 262].

Что же касается современного оформления территории зеленых насаждений, то оно чрезвычайно разнообразно. Парки решаются в свободном пейзажном стиле, и только в старых дворцовых парках сохраняется регулярный стиль. Крупные зеленые массивы создаются как лесопарки на базе есте-

ственного леса или на открытом пространстве, при этом характерно использование конкретных природных условий: водоемов, рельефа, лугов, скал и др.

Особое место и ценность в озеленении городов играют исторические парки.

Методика и объекты исследования

Маршрутным методом обследованы все основные озеленительные объекты города. Дан полный перечень таксономического состава. Рассчитана частота встречаемости таксонов.

Результаты и их обсуждение

Озеленение г. Бреста сочетается с его современной планировкой. Из наиболее значимых объектов следует указать на бульвар Космонавтов соединяющийся с бульваром Т. Шевченко. Здесь произрастают клен серебристый, спирея Вангутта, конский каштан, липа. Имеется изгородь из граба, бордюрные посадки, каменная стенка в сочетании с туей. На передернем плане много летников. Бульвар достаточно протяженный, благоустроенный с оригинальной живой изгородью. Своеобразное озеленение ул. Мицкевича, посередине которой проходит бульвар. В этой же группе бульвар им. Гоголя, т. е. имеем дело с целой системой бульваров.

Особое место занимает со своим статусом ботанический сад университета, где на небольшой площади сосредоточено значительное количество растений.

На улицах Крупской и Леваневского произрастают такие редкие породы, как старинный экземпляр катальпы, каштан съедобный, можжевельник виргинский, кипарисовик нутканский.

Сквер на ул. Энгельса у облисполкома – самый помпезный.

На площади Ленина высажены привитые формы биоты (на туе), лавровишня, много самшита, стриженные посадки липы.

На ул. К. Маркса, на которой проживал П. М. Машеров, произрастает самый старый экземпляр бука краснолистного диаметром более 80 см, а также черешня диаметром более 80 см. Улица неширокая, очень зеленая.

Сквер на площади Свободы небольшой прямоугольной формы, достаточно ухоженный. Имеет мемориальное значение. Типичный представитель городского сквера, сформированного в основном ясенем, конским каштаном, липой.

Парк Мира – светлый по структуре. Второй по величине, современный, просторной планировки. Много красивых малых форм, анимация. Имеет богатый породный состав. Очень важный озеленительный объект в этой части города.

В сквере у входа в крепость произрастает сосна обыкновенная пирамидальная. Это сравнительно новый довольно крупный хорошо освещенный объект.

В озеленении площади Свободы использована двухрядная обсадка конского каштана.

Сквер Иконникова отличается обилием света, ухожен. Имеет мемориальное значение. Здесь произрастает береза повислая плакучая.

Сквер Стражам границы представляет собой современный озеленительный объект, у которого имеется вторая часть, не освоенная благоустройством, т. е. сквер имеет перспективу развития. Произрастают тюльпанное дерево, ель обыкновенная змеевидная.

В городском парке имени 1-го Мая особый интерес вызывает роща ели змеевидной. Парк отличается богатством таксономического состава. Произрастают клены сахаристые диаметром до 90 см. Парк занимает несомненно 1-е место по значимости в городе.

Современным озеленением выделяется центр творчества молодежи: масштабность, чистота, наличие вертикалей. Отличается произрастанием биоты. Предназначен для спортивных акций. Имеет законченный вид и важное экологическое значение в этой части города. Требуется улучшение газонов, подсадка экзотов. Хорошо бы смотрелся, на наш взгляд, можжевельник казацкий.

Современный вид имеет озеленение Дворца водного спорта. Располагается на возвышенном рельефе. Отличается обилием современных таксонов и ландшафтным дизайном. Пока не приобрел окончательного облика (посадки молодые).

В озеленении города встречается много довольно редких экзотов: абрикос, персик, виноград, сумах, катальпа, павлония, магнолия, илекс, шелковница, лавровишня, гледичия, кампис, бук краснолистный, юкка, филяя мшистая, орех черный, айлант высочайший, виноград девичий трехлопастной, рябина ария, робиния псевдоакация «Tortuosa», конский каштан «Rosea», дереза, софора, сосна Муррея, можжевельник виргинский (высотой 8 м), биота восточная (высотой 5,0 м). Произрастает старинный дуб черешчатый пирамидальный.

Распределение таксонов по объектам неравномерное. Богат ассортимент в центре (до 82 наименований). Наиболее часто встречается 1–5 таксонов. До 22–34 таксонов на 11–16 % объектов. 114 таксонов на 5,6 % объектов. Именно они лидируют по разнообразию. Исходя из этого, можно утверждать, что озеленительные объекты г. Бреста отличаются значительным таксономическим разнообразием древесных растений (рисунок 1, 2).

Озеленение городов на современном уровне – это высокотехнологичный процесс. Он отличается прежде всего богатым ассортиментом, экологическим подходом. Одна из особенностей – принцип миниатюризации.

В современном градостроении архитекторами все меньше внимания уделяется выделению территорий, предназначенных под озеленение.

Небольшие дворики, сады внутри дворов – это уникальное решение и один из выходов из сложной

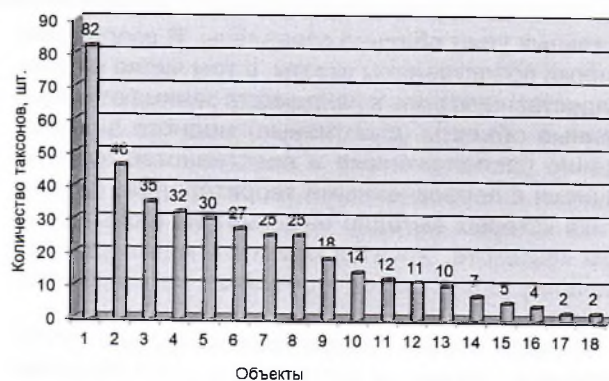


Рисунок 1. – Количество таксонов на озеленительных объектах г. Бреста: 1 – Парк им. 1 Мая; 2 – Сквер по ул. Энгельса; 3 – Парк Мира; 4 – Сквер им. Иконникова; 5 – Дворец водного спорта; 6 – Сквер у входа в крепость; 7 – Центр молодежного творчества; 8 – Сквер стражам границы; 9 – Университет; 10 – Бульвар космонавтов; 11 – Площадь Ленина; 12 – ул. Крупской; 13 – Площадь Свободы; 14 – ул. К. Маркса; 15 – Бульвар им. Гоголя; 16 – ул. Советская; 17 – Парк воинов интернационалистов; 18 – ул. Левоневского

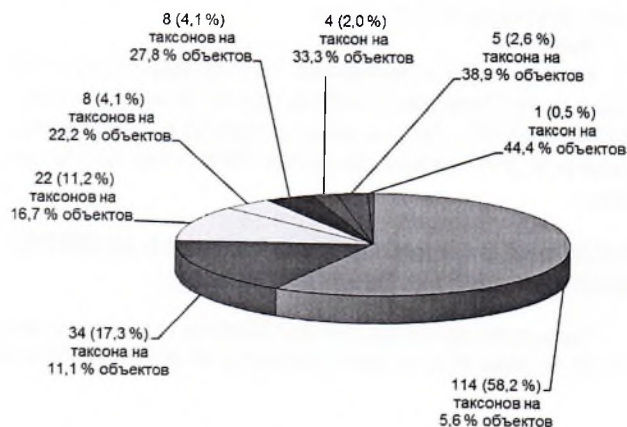


Рисунок 2. – Встречаемость древесных растений в озеленении г. Бреста

ситуации благоустройства крупных городов. Малые сады – источник не только оздоровления микроклимата, повышения эстетики пространства, но и культуры жизни в городе. Много внимания таким объектам уделяется в Санкт-Петербурге, Вильнюсе, Пскове. Следует отметить все возрастающую роль в озеленении красивоцветущих кустарников.

Ландшафтно-декоративное значение зеленых насаждений в г. Бресте имеет ряд специфических черт. Центральная часть отличается обилием объектов, занимающих значительные территории. Это фактически сплошной зеленый массив, создающий благоприятный микроклимат даже в самые жаркие периоды, которые из аномальных становятся обычными в последние годы. Имеется ряд парков, протяженных бульваров, определяющих структуру зеленых насаждений. Большинство цен-

тральных улиц обильно озеленены. В озеленении широко представлены экзоты, в том числе редкие. Существенную роль в ландшафте занимают современные объекты (спортивные) модного дизайна, удачно расположенные в пространстве, сочетающиеся с пересеченными территориями, геопластика которых выгодно выделяет их в современном контексте. Хочется отметить мемориальное значение ряда скверов и объектов, наличие лесопарков.

В связи с этим следует рекомендовать особо бережное отношение к озеленительным объектам города. Тщательное соблюдение технологических регламентов содержания, выполнение всего комплекса работ по уходу. Есть целый ряд объектов, имеющих перспективу развития и улучшения благоустройства.

Озеленение города подчинено целостной концепции, выполняет действительно градообразующую роль, сочетается с архитектурой и смотрится как единое целое, как комфортная среда обитания населения и, в то же время, состоящая из целого ряда значимых дискретных объектов, имеющих индивидуальные черты и особенности, делая город красивым и зеленым, экологичным. В этом отношении Брест может служить образцом озеленения крупных городов Беларуси.

Выводы

Изучен таксономический состав древесных насаждений. Выявлено 196 таксонов. Отмечены наиболее ценные. Дана краткая характеристика экологической значимости объектов. Показана их специфика.

FEATURES OF MODERN GREENING IN BREST GARANOVICH I., DEMYANCHIK V.

Taxonomic composition of tree plantings in Brest has been studied. The most valuable taxa have been singled out. A brief characteristics of ecological significance of various sites has been given.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров, А. А. Особенности распределения древесных растений в садах и парках Санкт-Петербурга / А. А. Егоров, И. В. Фадеева // Ботанические исследования в азиатской России : материалы XI съезда Рус. бот. о-ва. – Барнаул, 2003. – Т. 3. – С. 171–172.
2. Wolski, P. Tree species in Warsaw residential districts – current condition and recommended changes / P. Wolski, M. Powowarski // Ann. Warsaw Agr. Univ. – SGGW. Hort. – 1999. – № 20. – P. 59–76.
3. Wojtatowich, J. Predominating tree species at selected parks in viovodeships of South of Poland / J. Wojtatowich // Ann. Warsaw Agr. Univ. – SGGW. Hort. – 1999. – № 20. – P. 41–50.
4. Fortuna-Antoszkiewicz, B. The importance of street-side garden arrangements in Warsaw – in the past and nowadays / B. Fortuna-Antoszkiewicz // Ann. Warsaw Arg. Univ. – SGGW. Hort. – 1999. – № 20. – P. 77–89.
5. Wekel, J. Urban horticulture on the threshold of a new century: Pap. Int. Symp. on Plant Health in Urban Horticulture, Braunschweig, 22–25 May, 2000 / J. Wekel // Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. – Berlin-Dahlem, 2000. – № 370. – P. 9–11.
6. Соловьева, О. С. Пылезадерживающая способность интродуцированных и местных видов древесных растений в условиях г. Йошкар-Олы / О. С. Соловьева, М. М. Котов // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растений мира : тез. докл. Междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию со дня основания ЦБС. – Минск, 2002. – С. 262–263.

УДК: 574:630.2

НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs В ЧАСТЯХ И ОРГАНАХ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VACCINIUM MYRTILLUS*)

И. В. Давыдова, В. В. Мельник, К. С. Денисюкова

Государственный университет «Житомирская политехника», г. Житомир, Украина

Проанализированы особенности накопления ^{137}Cs различными органами и частями черники обыкновенной. По результатам исследований были рассчитаны коэффициенты накопления ^{137}Cs , что позволило рассчитать предельно допустимые значения плотности радиоактивного загрязнения почвы, при которых возможна заготовка ягод и лекарственного сырья. Полученные результаты могут быть использованы при разработке рекомендаций по использованию недревесной продукции леса на территориях загрязненных радионуклидами.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС привела к радиоактивному загрязнению значительных площадей лесов различных природных зон Украины, Беларуси и России. Расположение атомной электростанции и погодные условия в период аварии обусловили наибольшую интенсивность и масштабы территориального распространения аварийных выбросов именно в одном из самых лесистых регионов – Полесье [1]. На части лесных площадей пришлось запретить, а на остальных – регламентировать заготовку ягод [2]. Но если промышленную заготовку ягодного сырья в регионе организационно сравнительно легко ограничить районом с определенной плотностью загрязнения грунта ^{137}Cs , то массовый неконтролируемый сбор ягод и других пищевых продуктов леса местным населением очень трудно регламентировать из-за определенных социально-экономических трудностей. Особенно это касается лесных районов северного Полесья, где дикоросные ягоды являются традиционным компонентом рациона местного населения на протяжении всего года [3]. В плане народнохозяйственного использования наибольшее значение имеет черника, изучению которой уделяют большое внимание и которую исследователями предложено использовать как индикатор радиоактивного загрязнения лесов. Поскольку черника является накопителем ^{137}Cs [4], то это обуславливает необходимость ведения постоянного радиологического контроля ее заготовки на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС.

Методика и объекты исследования

Объектом исследований послужили парцеллярные кусты растений черники обыкновенной. Отбор побегов черники осуществляли на одной стационарной мониторинговой площади. Пробные площади были заложены на территории Базарского лесничества Народического района Житомирской области в наиболее типичных для региона лесорастительных условиях – свежей субори (В2). Исследование лесных биоценозов проводилось в лесном квартале № 16 (участок 41), состоящий из дубово-сосновых лесов в возрасте 90 лет.

Почвенный покров на пробных площадях представлен дерново-подзолистыми супесчаными и дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами. Характерными чертами этих почв являются тол-

стый (5–10 см) слой лесной подстилки, темно-серый гумусово-элювиальных горизонт (8–12 см).

Плотность загрязнения почвы радионуклидами составила 370 кБк/м². Эти участки характеризуются высокой однородностью почвенного и растительного покрова. Подлесок в основном представлен подавленными экземплярами сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), дуба обыкновенного (*Quercus robur*) и отдельными кустами рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). В третьем ярусе этого фитоценоза размещаются одиночные, иногда небольшими группами кусты рододендрона желтого (*Rhododendron luteum* Sweet.), багульника болотного (*Ledum palustre* L.), крушины ломкой (*Frangula alnus* Mill.) и ежевики сизой (*Rubus caesius* L.). Основу травянисто-кустарникового яруса этого квартала составляет черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* L.), осока болотная (*Carex limosa* L.) и сближенная (*C. appropinquata* Schum.).

Отбор образцов проводился по общепринятой методике. Для исследований в течение 2019 г. в Базарском лесничестве были отобраны образцы черники обыкновенной. В дальнейшем растения разделили на следующие составляющие: ягоды, листья, однолетние побеги, многолетние побеги и корни.

Для определения удельной активности ^{137}Cs образцы, высушенные до воздушно-сухого состояния, измельчались и анализировались в радиологической лаборатории Государственного университета «Житомирская политехника» с помощью стинциляционного спектрометра GDM-20. Обработка материалов проводилась с помощью пакетов прикладных программ STATGRAPHICS, Microsoft EXCEL.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали (таблица), что наибольшая удельная активность оказалась в образцах сушеных ягод черники обыкновенной (2181,3 Бк/кг) и в образцах листьев (2937 Бк/кг). Наименьшие значения были обнаружены для однолетних (1795,3 Бк/кг) и многолетних побегов (1882,3 Бк/кг) черники обыкновенной.

Учитывая то, что из всех органов черники обыкновенной осуществляется заготовка только ягод и листьев, то значение их удельной активности сравнили с нормативными. Сравнение выявило, что во всех образцах листьев содержание ^{137}Cs превышает нормативные значения для заготовки и ис-

пользования (600 Бк/кг). В более чем 60 % образцов сухих ягод наблюдается превышение нормативов (2500 Бк/кг), что обуславливает нецелесообразность их заготовки в данных лесных угодьях.

Таблица. – Уровни загрязнения ^{137}Cs вегетативных и генеративных органов черники и коэффициент накопления (в сухом состоянии)

№ пробы	Объект исследования	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	КН
1	Сушеные ягоды черники обыкновенной	2181,3 ± 663,8	2,00 ± 0,31
2	Однолетние побеги черники обыкновенной	1795,3 ± 131,3	1,81 ± 0,32
3	Многолетние побеги черники обыкновенной	1882,3 ± 195,5	1,85 ± 0,28
4	Корень черники обыкновенной	1946,0 ± 51,4	1,94 ± 0,28
5	Листья черники обыкновенной	2937,0 ± 377,1	2,93 ± 0,60
6	Почва	1044,0 ± 146,5	–

Проанализировав значение удельной активности для каждого органа черники обыкновенной, была обнаружена значительная вариация в пределах одного объекта исследования. Такая дифференциация обусловлена в первую очередь определенной мозаичностью грунтовых условий роста каждого отдельного растения: содержанием влаги в почве, количеством питательных веществ, химическим и механическим составом почвы. Наименьшие значения вариации характерны для корневой части растений и составили всего 3 %. Для однолетних и многолетних побегов эти значения оказались практически одинаковыми: 7 и 10 % соответственно, для листьев – 13 %, а для сушеных ягод процент отклонения оказался самым большим – 30 %.

Полученные результаты позволяют предположить, что маленькая вариация удельной активности наблюдается в тех органах растений, которые содержат меньше влаги и соответственно при высушивании дают наименьший разброс результатов. Ягоды, в зависимости от условий произрастания содержащие большее или меньшее количество влаги, высушая, имеют наибольший разброс в удельной активности высушенных образцов. Исходя из этого, можно сделать вывод, что в ходе дальнейших исследований было бы целесообразным измерять не только сушеные образцы фитомассы, но и свежие.

На сегодняшний день в свежих суборях черника выступает как сильный накопитель ^{137}Cs из почвы в растения. Основное количество ^{137}Cs в почве сосредоточено в лесной подстилке и верхнем 5-см слое минеральной части почвы. Величина удельной активности слоя минеральной части почвы, взятой с глубины 5–10 см, не превышает 1 % от этого же показателя всех слоев, расположенных выше. Общей закономерностью распределения ^{137}Cs в почве яв-

ляется уменьшение концентрации радионуклида с увеличением глубины.

Для оценки поступления ^{137}Cs из почвы в растительность для всех образцов фитомассы был рассчитан коэффициент накопления. По результатам расчетов наибольший коэффициент накопления имеют листья черники обыкновенной (2,934), а наименьший однолетние и многолетние побеги (1,805 и 1,853 соответственно).

По интенсивности накопления ^{137}Cs вегетативные и генеративные органы черники обыкновенной образуют ряд:

Однолетние побеги < Многолетние побеги < Корни < Ягоды < Листья.

Данный ряд полностью согласуется с результатами, полученными А. З. Коротковой [5]. Однако полученные нами КН оказались несколько меньшими (20–40 %), чем результаты предыдущих исследований, но соотношение между ними не изменилось. Вероятно, данная ситуация обусловлена тем, что исследования А. З. Коротковой были проведены для более влажных условий (ВЗ).

С помощью коэффициентов накоплений можно определить ожидаемую удельную активность ^{137}Cs в свежих ягодах различных видов в конкретных типах лесорастительных условий, а также предельно допустимые уровни плотности загрязнения почвы ^{137}Cs для сухих ягод, содержание радиоцезия в которых не превышало бы ДР-2006 (2500 Бк/кг), а для всех остальных органов – 600 Бк/кг.

Проведенные данные показали, что сбор ягод для их дальнейшей сушки возможен при удельной активности почвы 1250 Бк/кг, а заготовка листьев черники обыкновенной – при 205 Бк/кг.

Кроме того, рассчитав зависимости содержания ^{137}Cs в сухих ягодах черники и листьях от удельной активности ^{137}Cs в ее побегах можно определять возможность их заготовки без отбора проб грунта (ориентируясь на удельную активность многолетних побегов).

Зависимость удельной активности ягод черники обыкновенной к многолетним побегам составила 1,158. Следовательно, заготовку ягод можно проводить при удельной активности многолетних побегов до 2159 Бк/кг. Учитывая зависимость между удельной активностью ^{137}Cs в образцах листьев к удельной активности в многолетних побегах (1,560), заготовку листьев на лекарственное сырье можно проводить при удельной активности ^{137}Cs до 385 Бк/кг.

Выводы

Исследования удельной активности фитомассы черники обыкновенной, отобранной на пробных площадях в Базарском лесничестве, показали, что наибольшая активность ^{137}Cs всех органов оказалась в образцах сушеных ягод (2181,3 Бк/кг) и в образцах листьев (2937 Бк / кг). Во всех отобранных образцах листьев содержание ^{137}Cs превышает нормативные значения для его заготовки и использования (600 Бк/кг). В более чем 60 % образцов сухих ягод наблюдается превышение нормативов (2500 Бк/кг), что обуславливает нецелесообразность их заготовки в данных лесных угодьях. Полученные результа-

ты особенно актуальны, поскольку именно ягоды и листья черники обыкновенной активно используются местным населением как лекарственное сырье и продукт питания, что, в свою очередь, имеет значительный вклад в дозу внутреннего облучения населения, проживающего на территориях загрязненных радионуклидами. Коэффициенты накопления ^{137}Cs вегетативными и генеративными органами черники обыкновенной позволяют регламентировать возможность их заготовки на тех или иных территориях, исходя из их уровня загрязненности. Поскольку контролировать самовольный сбор недревесных продукции леса местным населением практически не возможно, то данные результаты, а также рекомендации, которые могут быть разработаны на их основе, могут быть использованы в первую очередь для просветительской деятельности среди местного населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов, В. П. Радиоактивно загрязненные леса как критические ландшафты [Электронный ресурс] / В. П. Краснов, А. А. Орлов, А. Л. Прищепя. –

Режим доступа: <http://earthpapers.net/nauchnye-osnovy-ispolzovaniya-produktsii-lesnogo-hozyaystva-v-usloviyah-radioaktivnogo-zagrezneniya-lesov>. – Дата доступа: 29.05.2020.

2. Краснов, В. П. Обследование лесов и регламентация ведения лесного хозяйства в Украине после аварии на Чернобыльской АЭС / В. П. Краснов, О. О. Орлов // Бюллетень экологического состояния зоны отчуждения и зоны безусловно (обязательного) отселения. – 2005. – № 5. – С. 23–28.
3. Гедых, В. Б. Развитие черники и ее урожайность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cozap.com.ua/text/6711/index-1.html?page=6>. – Дата доступа: 29.05.2020.
4. Орлов, А. А. Накопление ^{137}Cs видами живого почвенного покрова в свежих суборях Украинского Полесья / А. А. Орлов, С. П. Иркиенко, В. Н. Турко // Сб. науч. тр. – Гомель, 1997. – С. 429–431.
5. Короткова, А. З. Накопление ^{137}Cs фитомассой ягодных растений при разной плотности радиоактивного загрязнения почвы / А. З. Короткова // Здоровье леса. Лесоводство и агролесомелиорация. – Харьков, 1999. – Вып. 9. – С. 16–23.

ACCUMULATION OF ^{137}Cs IN PARTS AND ORGANS OF *VACCINIUM MYRTLEUS* DAVYDOVA I., MELNYK V., DENYSUKOVA K.

The features of ^{137}Cs accumulation by various organs and parts of *Vaccinium Myrtleus* were analyzed. Based on the results of studies, the accumulation coefficients of ^{137}Cs were calculated for various parts of *Vaccinium Myrtleus*, which made it possible to calculate the maximum permissible values of the density of radioactive contamination of the soil, in which berries and medicinal raw materials can be harvested. The results can be used to develop recommendations for the use of non-wood forest products in areas contaminated with radionuclides.

УДК 574:599.426:913

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОХРАНЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ СКОПЛЕНИЙ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (*CHIROPTERA*) В УРБАНИЗИРОВАННОМ ЛАНДШАФТЕ г. БРЕСТА

М. Г. Демянчик¹, В. В. Демянчик²

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Обсуждаются проблемные ситуации в сохранении летучих мышей в Бресте. Приводятся данные по приоритетным скоплениям летучих мышей и разработанной системе их охраны.

Введение

Летучие мыши – строго охраняемая группа животного мира в соответствии с национальным законодательством по охране животного мира и согласно Боннской и Бернской конвенций, страной-участницей которых является Республика Беларусь. Значительная часть видов (8 из 19 постоянно обитающих видов летучих мышей Беларуси) включена в национальную Красную книгу [1]. Летучие мыши нередко поселяются в зданиях и сооружениях, поэтому в Беларуси и других странах мира летучие мыши подвержены высокому риску уничтожения или нарушения как местообитаний, так и непосредственно особей [2, 3].

В статье рассматриваются особенности сохранения приоритетных скоплений летучих мышей в крупнейшем населенном пункте юго-запада Беларуси – г. Бресте и в его окрестностях в 2000–2020 гг.

Методика и объекты исследования

Исследования проводились в ходе целевых поисков местообитаний летучих мышей в природных и технических убежищах методами визуального осмотра, регистрации запахов, звуков, в том числе с использованием ультразвуковых детекторов D-200, D-240 [3–5]. Массовое кольцевание особей и отслеживание характера миграций наиболее интенсивно проводилось в первое десятилетие исследований. В 2000–2020 гг. зарегистрировано свыше 1,1 тыс. колониальных скоплений и около 600 одиночных особей в 320 местообитаниях. К приоритетным скоплениям отнесены колонии или временные скопления: видов Красной книги Беларуси; круглогодичные колонии; особо крупные колонии (более 50 самок в выводковых колониях; более 100 особей в гибернационных скоплениях); колонии в принципиально новых (нетипичных) типах местообитаний.

Расчетно-планировочные районы (РПР) приводятся в сочетании с последней версией Генплана г. Бреста (2019 г.) (рисунок).

Результаты и их обсуждение

Урбанизированный ландшафт г. Бреста и окрестностей характеризуется значительной привлекательностью для всех видов аборигенного населения летучих мышей Беларуси. Во все сезоны года здесь обитают регулярно или регистрируются только в отдельные годы 19 видов *Chiroptera* [4]. Наиболее распространены летучие мыши в сезонные летне-осенних миграций. Именно в эти сезоны летучие мыши на дняхках встречаются во всех РПР Бреста, задерживаясь в конкретных местообита-

ниях на 1–20 дней. Вторым по количеству встреч особей летучих мышей на городских землях Бреста является осенне-зимний сезон в периоды потеплений или резких понижений температуры воздуха. Именно в эти два фенологические периода особи летучих мышей наиболее часто оказываются в непосредственном контакте с людьми в жилых и иных помещениях. Соответственно, резко возрастает количество противоречивых ситуаций (конфликта интересов) домовладельцев и иных собственников недвижимости и экологических условий летучих мышей – одной из наиболее строго охраняемых групп диких животных. Руководствуясь субъективными суждениями о летучих мышах, как символах антисанитарии или агрессивных существах, многие люди самостоятельно принимают меры по «наведению порядка»: нередко выбрасывают обнаруженного зверька на улицу в светлое время суток. В результате травмирования или попадая в поле зрения многочисленных хищников такие зверьки в большинстве случаев обречены на гибель. В редких случаях индивидуальные домовладельцы обращаются за консультациями к специалистам, в природоохранные органы или службы МЧС. Вторая существенная причина значительных потерь в населении летучих мышей Бреста обусловлена ремонтными и строительными работами, мероприятиями по реконструкции зданий и сооружений, а также – удалением аварийно-опасных и старых деревьев. В таких ситуациях происходит стресс-реакция всей колонии и разлет распуганных зверьков в случайные убежища, в том числе и на открытые места (стены, стволы, ветви деревьев и т. п.). Отметим, что вышеуказанные причины популяционных потерь летучих мышей типичны для урбанизированных ландшафтов и в других странах Европы [3, 5]. В последние десятилетия на фоне достаточно развитой экологической культуры жителей Бреста и активной пропаганды охраны летучих мышей в городе наблюдается значительный рост числа телефонных обращений граждан по фактам проблемных ситуаций с летучими мышами. В последние годы (особенно в 2020 г.) прослеживается беспокойство граждан по поводу мнимой угрозы переноса зверьками бешенства, атипичной пневмонии, включая коронавирусные инфекции. Что является следствием некорректной интернет-информации.

В Бресте к настоящему времени отработана система прямого взаимодействия Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси,



- △ – скопления видов и особей *Chiroptera*, включенных в Красную книгу Республики Беларусь;
 □ – круглогодичные колонии *Chiroptera*;
 ◇ – особо многочисленные колонии *Chiroptera*;
 ○ – колонии *Chiroptera* в нетипичных местообитаниях.

Рисунок. – Размещение некоторых приоритетных скоплений летучих мышей *Chiroptera* в г. Бресте в 2015–2020 гг. (на картографической основе БЕЛНИИП градостроительства, с изменениями)

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, горрайинспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, городского отдела МЧС в обращениях по поводу летучих мышей. Система характеризуется достаточной эффективностью и функционирует на основе современной нормативно-правовой базы и рекомендаций Боннской конвенции и соглашения EUROBATS [1, 6].

Значительная часть приоритетных скоплений летучих мышей города находится в сфере превентивной охраны. Под особый контроль и мониторинг взяты более 40 приоритетных скоплений летучих мышей. Для этого привлечены волонтеры, СМИ, жилищно-коммунальные службы и горисполком. Наиболее значимые приоритетные скопления летучих мышей Бреста показаны на рисунке.

На наш взгляд, эта одна из принципиально значимых и во многом – новая, особенность по выделению и превентивной охране приоритетных скоплений летучих мышей актуальна среди белорусских городов первую очередь для Бреста.

Группа колониальных скоплений летучих мышей в нетипичных местообитаниях (рисунок). Такие объекты интересны в отношении поиска компромиссных решений современного градостроительства, биологической безопасности, охраны животного мира. С другой стороны, освоение нетипичных местообитаний – показатель формирования новых адаптаций рукокрылыми в современных урбани-

зированных ландшафтах. К этой группе относятся варианты пока необычного поселения колоний: в «температурных швах» высотных домов, включая «запененные» монтажной пеной узкие щели; в полостях цилиндрических опор столбов уличного освещения; в плоских крышах многоэтажных домов; под жестяными подоконниками высотных (22-этажных) зданий.

Группа круглогодичных колоний. Впервые они были зарегистрированы в Бресте в начале 2010-х гг. Известны три вида таких колоний: ночницы водяной (*Myotis daubentonii*), вечерницы рыжей (*Nyctalus noctula*), двухцветного кожана (*Vespertilio murinus*). Все они находятся в каменных сооружениях человека: фортификационных объектов и жилых домах. Объекты других групп колониальных скоплений показаны на рисунке.

На уровне распределения достаточно четко прослеживается тенденция избирательного отношения (тяготения) приоритетных колоний летучих мышей к прирусовым мелколиственным насаждениям вдоль рек Мухавец и Западный Буг.

При этом наблюдается повышенная концентрация приоритетных скоплений рукокрылых в западной части города, хотя площадь древесных и кустарниковых насаждений в восточной части города вдвое большая. С учетом розы ветров и распределения основных потоков дорожно-транспортного движения западная часть Бреста в отношении

выбросов выглядит наиболее благоприятной по качеству атмосферного воздуха. Данный тренд не относится к группе колоний в нетипичных местообитаниях. Интересно, что именно эта группа колоний в нетипичных местообитаниях представлена мигрирующими и кочующими группировками летучих мышей, главным образом в летне-осенний сезон.

Выводы

1. В Бресте регистрируются типичные для городов Европы проблемные ситуации в отношении сохранения летучих мышей и соблюдения интересов собственников недвижимости.

2. Для повышения эффективности охраны летучих мышей апробирована система нейтрализации проблемных ситуаций путем взаимодействия 4 субъектов науки, образования и жизнеобеспечения города.

3. Выделены 4 приоритетные группы скоплений летучих мышей: видов и особей *Chiroptera*, включенных в Красную книгу Беларуси; круглогодичные колонии *Chiroptera*; особо многочисленные колонии *Chiroptera*; колонии *Chiroptera* в нетипичных местообитаниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / редкол.: И. М. Качановский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БелЭн, 2015. – 317 с.
2. Ключевые хироптерологические территории Беларуси / М. Г. Демянчик [и др.]. – Брест : Изд-во Альтернатива, 2010. – 8 с.
3. Simon, M. Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Dörfern und Städten / M. Simon, S. Hüttenbügen, J. Smit-Viergutz. – Bonn : Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz, 2004. – 275 p.
4. Демянчик, В. Т. Рукокрылые Беларуси : справ.-определитель / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик. – Брест : Изд-во С. Лаврова, 2000. – 216 с.
5. Görner, M. Säugetiere Europas / M. Görner, L. Hackethal. – Leipzig : Neumann Verlag, 1987. – 372 p.
6. О взаимодействии государственных органов, иных организаций при обнаружении (выявлении) дикого животного [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 апр. 2019 г. № 237 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=C20900638>. – Дата доступа: 29.05.2020.

MODERN FEATURES OF PRESERVING PRIORITY BATS COLONIES (*CHIROPTERA*) IN THE URBANIZED LANDSCAPE OF BREST DEMIANCHYK M., DEMIANCHYK V.

Problematic situations of the conservation of bats in Brest are discussed. Priority bat accumulations and developed system for their protection are described.

УДК [006.07+574]:[598.2+69.036]:913

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОТИВОРЕЧИВЫЕ СИТУАЦИИ «ДИКИЕ ПТИЦЫ – ГОРОДСКАЯ ЗАСТРОЙКА» В УСЛОВИЯХ г. БРЕСТА**В. Т. Демянчик¹, В. П. Рабчук¹, И. А. Дятчук¹, В. В. Демянчик¹, М. Г. Демянчик²**¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь²Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Обсуждаются противоречивые ситуации по сохранению диких птиц и обеспечению нормативов эксплуатации зданий и сооружений в современной городской застройке г. Бреста. Рассматривается актуальность изменений нормативно-правового обеспечения в части охраны фауны, проектирования, строительства, эксплуатации объектов недвижимости на землях населенных пунктов для системного разрешения проблемных ситуаций в отношении диких животных города.

Введение

Основополагающие направления и цели устойчивого развития предполагают гармоничное сочетание экономических, социальных и экологических интересов настоящего и будущего поколений людей и стабильное состояние окружающей среды. Современное жилищно-коммунальное хозяйство городов и других населенных пунктов в типовых инструкциях и иных правовых актах по проектированию, строительству и эксплуатации не предполагает экологических условий для диких животных в застройке. Но дикие животные – повсеместные обитатели зданий, сооружений и прилегающих к ним территорий. Поэтому вполне ожидаемы, не всегда устраивающие владельцев недвижимости, факты обитания диких представителей и сопутствующие неудобства или психологический дискомфорт.

В статье рассматриваются типичные для городской среды противоречивые ситуации, обусловленные наиболее многовидовой группой позвоночных – птицами, образующими скопления или колонии.

Методика и объекты исследования

Материалы базируются на личных данных, полученных в ходе непосредственного участия в практических мероприятиях по сохранению или снижению численности диких представителей орнитофауны в г. Бресте и других населенных пунктах в 1989–2020 гг. Оценивался опыт экологов в других регионах Беларуси и зарубежья.

Результаты и их обсуждение

Птицы – одна из наиболее эвритопных групп животного мира, многие из которых регулярно обитают и на городских землях [1–3].

На территории Бреста установлено гнездование или сезонное обитание (миграции, зимовки) 261 вида птиц [4]. В сооружениях, придомовых и иных территориях регулярно обитают и представители орнитофауны, в разной мере провоцирующие беспокойство, антисанитарию, потери урожая и т. п. [2, 5–7].

В настоящее время в Бресте и других населенных пунктах Беларуси обитает 35 представителей орнитофауны, относящихся к синантропным видам и населенные пункты для этих животных – основная среда обитания [8, 9].

Трудноразрешимые вопросы по фактам обитания в технических конструкциях, рекреационных территориях общего или ведомственного пользо-

вания касаются видов орнитофауны, численность которых снижается, а также синантропных представителей птиц. Нередко именно эти виды птиц оказываются объектами беспокойства людей или неудовлетворительного состояния зданий и прилегающих участков.

На наш взгляд, одна из причин противоречивых ситуаций с птицами и другими животными – отсутствие специальной «хозяйственно-прикладной» классификации этой группы животного мира. Такая классификация должна быть регионально адаптированной и постоянно обновляемой на существующей основе апробированных принципов ведения Красной книги, правил рыболовства и охоты, карантинных списков животных и т. п.

Как минимум следует выделить 4 категории (статуса) видов птиц и других диких животных.

1. Охраняемые животные – виды диких животных, включенные в Красную книгу Республики Беларусь, или в Приложения документов международного экологического права, стороной-участницей которых является Республика Беларусь, или виды с критически быстрыми темпами снижения численности на землях населенных пунктов конкретного административного (физико-географического) региона Беларуси.

2. Полезные животные – промысловые виды; виды диких животных, особи которых в составе кормов потребляют на 30 % и более вредителей и паразитов человека, хозяйственно ценных и домашних животных и растений; насекомые-опылители; виды, дикие особи которых имеют аттрактивный голос и внешность в условиях конкретного административного (физико-географического) региона Беларуси.

3. Вредоносные животные – дикие виды или одичавшие виды домашних животных, жизнедеятельность которых наносит вред охраняемым и полезным животным, экономические ущербы или приводит к общественным либо частным социальным конфликтам сферы в условиях конкретного административного (физико-географического) региона Беларуси.

4. Уникальные животные – виды животных, которые по причине общенациональной и региональной редкости факта обитания или нетипичного поселения не могут быть отнесены к первым трем категориям.

В свою очередь, обоснованные «хозяйственно-прикладные» классификации должны стать составной частью общего нормативно-правового документа по вопросам обращения с объектами животного мира на землях населенных пунктов. «Позитивные» статусы – 1, 2, 4. Более конкретные положения по упорядочению вопросов обитания в застройке диких животных с «позитивными» статусами должны быть отражены в отраслевых технических нормативно-правовых актах или их аналогах.

Дополнительным документом могут стать межведомственные меморандумы по конкретным видам или группам животных.

Далее приводим примеры ситуаций, где колониальные виды птиц имели по два и более «позитивных» статуса в условиях г. Бреста и разрешение которых проходило с нашим участием.

1. *Сохранение гнездовых участков обитания крупных скоплений черного стрижа *Arus arus** (статусы 2, 4). В городе обитают несколько особо крупных колониальных скоплений черного стрижа (по 50–120 пар). Установлено, что все они в последние годы находятся в зоне риска полного уничтожения, в результате ремонта или реконструкции многоэтажных зданий по современным технологиям.

Наиболее крупное поселение черного стрижа *Arus arus* расположено в пятиэтажных домах по ул. Пионерская, где в 2018 г. проходил ремонт наружной поверхности стен большинства пятиэтажных домов.

В результате полного закупоривания вентиляционных отверстий на уровне технических (чердачных) этажей создавался риск блокирования в гнездовой сезон жилых гнездовых черного стрижа *Arus arus* – охраняемого, полезного в хозяйственно-экологическом отношении и уникального по факту поселения вида птиц. Под угрозой уничтожения оказалась одна из крупнейших в Беларуси колониальная группировка стрижа, численностью 60–80 пар. В ходе согласительного совещания в оперативном порядке удалось частично нейтрализовать данную ситуацию.

Для устранения этой и аналогичных критических ситуаций, кроме придания официального статуса данного вида птиц, требуется выявление и своевременное информирование ремонтно-строительных служб и (при необходимости) проведение конкретных технических мероприятий для предотвращения гибели гнезд и особей птиц.

2. *Сохранение гнездовых участков обитания скоплений городской ласточки *Delichon urbicum**. В г. Бресте обитают несколько колониальных скоплений городской ласточки – полезного и охраняемого вида.

Наиболее примечательные – колонии городской ласточки расположены в многоэтажных жилых домах по оси ул. Московской.

Снижение риска случайных и целенаправленных разрушений существующих гнезд остается проблемой.

3. *Сохранение гнездовых участков обитания скоплений деревенской ласточки *Hirundo rustica**. В городе сохранились единичные гнездовья этого полезного охраняемого вида согласно международному и национальному экологическому праву.

Уникальным фаунистическим объектом по факту колониального поселения следует считать группировку деревенской ласточки на западной окраине бывшей д. Вычупки. В данной ситуации возникают социальные противоречия по поддержанию надлежащего санитарного состояния одноэтажных жилых домов и сохранению гнездовой ласточки деревенской.

Сохранение существующих гнезд этой колонии от случайных разрушений остается проблемой.

4. *Сохранение участков обитания скоплений озерной чайки *Larus ridibundus**. По состоянию на 2019–2020 гг. в г. Бресте обитали всего 4 небольшие колониальные скопления озерной чайки.

Примечательным фаунистическим объектом остается колония озерной чайки *Larus ridibundus*, расположенная на северном берегу оз. Зеркалка. Уникальные 3 колонии этого вида в городской черте существовали до 2019 г., последняя из них попала в проект зоны застройки еще в 2015 г.

5. *Сохранение колоний сизой чайки *Larus canus**. В Бресте в 2020 г. обитает уникальная группировка охраняемого, полезного вида, которую удалось сохранить в ходе согласительных межведомственных совещаний с землепользователем.

6. *Сохранению участков обитания скоплений дроздовидной камышовки *Acrocephalus arundinaceus**. В городе обитают несколько крупных колониальных скоплений дроздовидной камышовки – полезного и уникального по факту поселения вида околотовных птиц.

Примечательным фаунистическим объектом является участок колонии дроздовидной камышовки, расположенный в прибрежных зарослях оз. Вычупки. Сохраняется высокий риск деградации объекта в результате возможного благоустройства (прокашивания и т. п.).

Аналогичные риски, обусловленные мероприятиями благоустройства, водорегулирования, несанкционированного зарыбления, несанкционированной подкормкой диких и бездомных животных в отношении иных околотовных и водных птиц в городской черте г. Бреста – колониального скопления большой выпи *Botaurus stellaris*, крупных скоплений малой выпи *Ixobrychus minutus*.

Возникают противоречивые ситуации и в отношении других охраняемых полезных видов птиц: полуколониальные скопления фазана *Phasianus colchicus*, полуколониальные скопления пустельги *Falco tinnunculus*, полуколониальные скопления дрозда-рябинника *Turdus pilaris* и др.

Не менее актуальны противоречивые ситуации и с птицами разных экологических групп, с которыми обусловлены экономические ущербы или конфликты социальной сферы (статус 3). Сюда относятся городские группировки: скворца сизого голубя *Columba livia*, вяхиря *Columba palumbus*, грача *Corvus frugilegus*, серой вороны *Corvus cornix*, сороки *Pica pica*, галки *Corvus monedula*, аиста белого *Ciconia ciconia*. Требуется научное обоснование статуса ряда видов, которые в городе сформировали новые (синантропные) группировки и роль которых в природе и социально-эко-

номической сфере неоднозначна: лысуха *Fulica atra*, кряква *Anas platyrhynchos* и др.

В Бресте и других городах противоречивые ситуации более многочисленны не только в отношении скоплений и колоний птиц, но и с точечными поселениями этих животных, что также актуализирует совершенствование современных подходов в управлении животным миром на землях населенных пунктов.

Выводы

Таким образом, в современной городской застройке сохраняют актуальность противоречивые ситуации в отношении ряда видов разных экологических групп птиц.

Для системного разрешения проблемных ситуаций в отношении диких животных города целесообразны изменения нормативно-правового обеспечения в части охраны фауны, проектирования, строительства, эксплуатации объектов недвижимости на землях населенных пунктов.

Одним из вариантов может быть нормативно-правовой документ по обращению с дикими животными на землях населенных пунктов, составной частью которого следует считать «хозяйственно-прикладную» классификацию животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Птицы Беларуси на рубеже XXI века / М. Е. Никифоров [и др.]. – Минск : Изд. Н. А. Королёв, 1997. – 188 с.

2. Федюшин, А. В. Птицы Белоруссии / А. В. Федюшин, М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1967. – 520 с.
3. Долбик, М. С. Ландшафтная структура орнитофауны Белоруссии / М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1974. – 311 с.
4. Демянчик, В. Т. Птицы / В. Т. Демянчик ; сост. А. Н. Вабищевич. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2019. – С. 151–152.
5. Биогенные агроэкологические риски Белорусского Полесья / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; В. Т. Демянчик [и др.] ; под ред. С. М. Ленивко. – Брест : БрГУ, 2018. – 281 с.
6. Biadun, W. Ptaki Lublina / W. Biadun // Rozprawa habilitacyjna. – Lublin, 2004. – 200 s.
7. Jakubiec, Z. Zimowe skupiska gawronów na Śląsku / Z. Jakubiec, P. Jadczyk // Not. ornitol. – 2001. – Т. 42, № 4. – Р. 257–268.
8. Демянчик, В. В. Изменения синантропного населения наземных позвоночных животных селитебных территорий юго-запада Беларуси за столетний период / В. В. Демянчик, М. Е. Никифоров // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 286–297.
9. Демянчик, В. В. Синантропный экологический комплекс и структура населения позвоночных на селитебных территориях Белорусского Полесья / В. В. Демянчик, М. Е. Никифоров // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2017. – № 3. – С. 7–17.

MODERN CONTRADICTIONARY SITUATIONS “WILD BIRDS – CITY BUILDING” IN THE CONDITIONS OF BREST

DEMIANCHYK V., RABCHUK V., DIATCHUK I., DEMIANCHYK V., DEMIANCHYK M.

The article discusses conflicting situations for the conservation of wild birds and ensuring of standards for the operation of buildings and structures in the modern urban development of Brest. The importance of changes in the regulatory framework in relation to the protection of fauna, design, construction, operation of buildings on the lands of settlements for systematic resolution of problematic situations in relation of wild animals of the city is considered.

УДК [591.65+581.6]:[592/599+582]:574.4:913

ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ ФАУНЫ И ФЛОРЫ В ЭКОСИСТЕМАХ г. БРЕСТА**В. Т. Демянчик¹, В. П. Рабчук¹, И. А. Дятчук¹, В. В. Демянчик¹, М. Г. Демянчик²**¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь²Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Обсуждаются видовой состав инвазивных видов растений и животных на территории г. Бреста в 2010–2020 гг. В экосистемах города зарегистрировано 40 видов растений-агрессоров и 14 видов инвазивной фауны.

Введение

К инвазионным (инвазивным) видам относят все чужеродные виды флоры и фауны, которые попали на ту или иную территорию при помощи человека или под его косвенным влиянием, причем эти виды способны быстро распространяться и наносить существенный вред человеку и биологическому разнообразию. Вполне естественно, что поведение различных инвазивных видов в конкретный исторический период разнородно. Экономические, экологические и социальные потери от распространения чужеродных видов в мире приняты угрожающий характер [1–3]. В последние десятилетия все типы экосистем Бреста в разной мере подвержены биологическому загрязнению чужеродными видами флоры и фауны. Приводятся материалы по инвазивным видам биологического разнообразия за последнее десятилетие (2010–2020 гг.).

Методика и объекты исследования

Исследования проведены во всех частях города Бреста (Беларусь) и обобщены в разрезе выделенных в Генплане 15 расчетно-планировочных районов (РПР) (таблицы 1, 2). При составлении списков использовались материалы современных литературных источников, опубликованных в Беларуси [1, 2].

Выражаем благодарность Д. В. Дубовику, С. А. Дмитриевой, С. С. Савчуку – ученым Института экспериментальной ботаники им. А. С. Купревича НАН Беларуси за консультации и помощь в определении видов растений.

Результаты и их обсуждение

В экосистемах г. Бреста в настоящее время зарегистрированы десятки видов инвазивных растений. Одной из наиболее актуальных групп считаются растения-агрессоры [1]. Среди 46 видов растений-агрессоров известных для Беларуси, в 15 расчетно-планировочных районах Бреста нами зарегистрировано 40 представителей этой группы растений (таблица 1).

Одни из них проявляют агрессивные свойства очень быстро и заметно, могут коренным образом менять исторически сложившиеся экосистемы. Такие виды принято называть трансформерами. Видов-трансформеров во флоре Беларуси пока не очень много (около 30), однако подобные свойства со временем могут проявляться и у других инвазивных растений. Поэтому очень важен мониторинг распространения чужеродных растений и их взаимодействия с аборигенной флорой [1, 4, 5]. В экосистемах г. Бреста негативное воздействие на уровне полного сплошного перерождения естественных сообществ флоры и фауны на участках площадью по 0,1–5 га

связано с аиром обыкновенным, бузиной черной, дубом красным, золотарником канадским, кленом ясенелистным, овсяницей шершаволистной, робинией ложноакацией. Особенно существенные изменения в ходе экспансии указанных видов зарегистрированы в прирусловой зоне р. Западный Буг, вдоль некоторых участков железных дорог, в полосах высоковольтных линий электропередач, по опушкам лесопарковых насаждений периметра городской черты, на временно неиспользуемых участках.

К потенциально инвазионным видам следует относить виды, которые не обладают пока ярко выраженными свойствами агрессоров (быстрая скорость распространения, подавление и активное вытеснение других растений, проявление свойств, вредных для человека и других организмов), но могут приобрести их в ближайшем будущем. Таких растений в Беларуси около 300. В г. Бресте среди них можно отметить сумах оленерогий *Rhus typhina*.

В Беларуси к 2020 г. наиболее агрессивными признаны свыше 50 видов чужеродных растений и ежегодно этот список увеличивается.

На территории Республики Беларусь инвазивные виды животных представлены 6 видами водных беспозвоночных, 21 видом наземных беспозвоночных, 1 видом рептилий, 3 видами рыб и 2 видами млекопитающих [2].

Результаты оценки видового состава и распространения инвазивных видов животных показаны в таблице 2.

Инвазивные виды животных характеризуются высокой пластичностью и скоростью размножения, что позволяет им внедряться в новые для них экосистемы, быстро увеличивать свою численность, подавлять или вытеснять аборигенные виды. В этом отношении особенно существенное негативное воздействие на фаунистические сообщества г. Бреста оказывают группировки 3 видов рыб (таблица 2). Особенно страдают от сомика и ротана популяции амфибий, нерестилища которых находятся в реках и постоянных водоемах. Наблюдающиеся в последнее время изменения климата также способствуют проникновению целого ряда вредителей лесного и сельского хозяйства. В связи с этим в ближайшее десятилетие возможно возрастание негативного влияния инвазивных видов на величины урожая, прироста древесины и биологической устойчивости лесных насаждений, в том числе и городских [2, 3, 6, 7].

В настоящее время на территории страны уже отмечены 6 видов из мирового списка, включающего 100 наиболее вредоносных инвазивных видов животных.

Таблица 1. – Инвазивные виды флоры, относящиеся к растениям-агрессорам в экосистемах г. Бреста 2010–2020 гг.

Вид	Распространение														
	РПР Центр	РПР Восток	РПР Киевка	РПР Речица	РПР Дубровка	РПР Катин бор	РПР Граевка	РПР Вулька	РПР Волынка-Гершоны	РПР Ковалево	РПР Красный двор	РПР Вычулки	РПР Задворцы	РПР Березовка	РПР Глоска
Аир обыкновенный <i>Acorus calamus</i>	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+
Арония Мичурина <i>Aronia mitschurinii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Астра иволистная <i>Aster x salignus</i>				+					+	+					
Борщевик Сосновского <i>Heracleum sosnowskyi</i>	+			+	+	+		+	+		+				
Бузина кистевидная, или красная <i>Sambucus racemosa</i>											+	+			
Бузина черная <i>Sambucus nigra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ваточник сирийский <i>Asclepias syriaca</i>			+												
Галинзога мелкоцветковая («американка») <i>Galinsoga parviflora</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Девичий виноград пятилисточковый <i>Parthenocissus vitacea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Дуб красный <i>Quercus rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Дудник лекарственный <i>Archangelica officinâlis</i>	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+
Дурнишник эльбский <i>Xanthium albinum</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Жарновец метельчатый <i>Sarothamnus scorarius</i>				+	+					+	+	+	+		+
Золотарник канадский <i>Solidago canadensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ирга колосистая <i>Amelanchier spicata</i>		+	+					+		+	+	+			
Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Недотрога железконосная <i>Impatiens glandulifera</i>			+	+	+				+	+			+		+
Недотрога мелкоцветковая <i>Impatiens parviflora</i>			+	+		+		+		+			+		
Облепиха крушиновидная <i>Hippophaë rhamnoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Вид	Распространение														
	РПР Центр	РПР Восток	РПР Киевка	РПР Речица	РПР Дубровка	РПР Катин Бор	РПР Граевка	РПР Вулька	РПР Волынка-Гершоны	РПР Ковалево	РПР Красный двор	РПР Вычулки	РПР Задеорцы	РПР Березовка	РПР Плеска
Овсяница шершаволистная <i>Festuca trachyphylla</i> , о. тростниковая <i>Schedonurus arundinaceus</i>	+	+	+				+				+	+	+	+	+
Ослинник двулетний <i>Oenothera biennis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Подсолнечник клубненосный <i>Helianthus tuberosus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Рейнутрия сахалинская <i>Reynoutria sachalinensis</i> , Рейнутрия японская <i>Reynoutria japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Робиния ложноакация <i>Robinia pseudoacacia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Рябинник рябинолистный <i>Sorbaria sorbifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Свидина белая <i>Swida alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тонкопучник однолетний <i>Phalacrolooma annua</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тополь белый <i>Populus alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тростник высокий <i>Phragmites altissimus</i>		+													
Циклахена дурнишниковидная <i>Cyclachaena xanthiifolia</i>		+	+	+	+							+			
Черда олиственная <i>Bidens frondosa</i> , ч. сrostнолопастная <i>Bidens connata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Черемуха поздняя <i>Prunus serotina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Щавель конский <i>Rumex confertus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Элодея канадская, или водяная чума <i>Elodea canadensis</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Эрехтитес ястребинколистный <i>Erechtites hieraciifolia</i>		+	+	+	+					+					
Эхиноцистис лопастный <i>Echinocystis lobata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 2. – Инвазивные виды животных в экосистемах города Бреста 2010–2020 гг.

Вид	Распространение														
	РПР Центр	РПР Восток	РПР Киевка	РПР Речица	РПР Дубровка	РПР Катин Бор	РПР Граевка	РПР Вулька	РПР Волынка-Гершоны	РПР Ковалево	РПР Красный двор	РПР Вычулки	РПР За дворцы	РПР Березовка	РПР Плоска
Дрейсена речная <i>Dreissena polymorpha</i>	+	+	+					+	+	+	+	+			
Литоглиф <i>Lithoglyphus naticoides</i>	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+			
Кавказский черноголовый слизень <i>Krynickillus melanocephalus</i>	+	+	+	+	+		+			+		+	+	+	
Полосатый рак <i>Orconectes limosus</i>	+	+	+			+		+	+	+	+	+	+		
Головчатый клещ клена серебристого <i>Vasates quadripedes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Хермес лиственничный <i>Cholodkovskya viridana</i>	+			+											
Пемфиг поздний спиральногалловый <i>Pemphigus spirothecae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Гармония изменчивая <i>Harmonia axyridis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Моль каштановая минирующая <i>Cameraria ohridella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ротан-головешка <i>Percottus glenii</i>	+			+	+	+									
Бычок-песочник <i>Neogobius fluviatilis</i>	+	+	+					+	+	+	+	+			
Американский сомик <i>Ameiurus nebulosus</i>	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+		
Енотовидная собака <i>Nyctereutes procyonoides</i>	+	+		+		+			+		+		+		+
Норка американская <i>Neovison (Mustela) vison</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Кроме указанных в таблице 2 в Бресте локальное распространение имеют еще 12 видов инвазивных насекомых. Статус в городе некоторых представителей инвазивных насекомых из этого списка нуждается в уточнении: клещ ореховый войлочный *Aceria erinea*, листоблошка самшитовая *Psylla buxi*, ложнощитовка туевая *Parthenolecanium fletcheri*, тля большая яворовая *Drepanosiphum platanoidis*, тля ореховая большая (пестрая) *Panaphis juglandis*, тля люцерновая *Aphis craccivora*, тля алычевая (алычево-дремовая) *Brachycaudus divaricatae*, тля смородинная красногалловая *Cryptomyzus ribis*, тля верхушечная жимолостная *Hyadaphis tataricae*, моль-пестрянка белоакациевая минирующая нижнесторонняя *Phyllonorycter robiniella*, белоакациевая верхнесторонняя минирующая моль *Parectopa robiniella*, галлица белоакациевая листовая *Obolodiplosis robiniae* [2, наши данные].

Выводы

В 2010–2020 гг. в современной черте г. Бреста зарегистрировано 40 видов растений-агрессоров, что составляет 87 % от общего видового состава этой категории растений, известных для Беларуси.

В экосистемах достоверно зарегистрировано 14 инвазивных видов животных, которые встречаются в большинстве из 16 расчетно-планировочных районов города. Локальное распространение или неясный статус имеет дополнительно 12 видов животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Растения-агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси / Д. В. Дубови [и др.]. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2017. – 192 с.
2. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / сост.: А. В. Алехнович [и др.]; под общ. ред. В. П. Семенченко. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 105 с.
3. Демянчик, В. В. Инвазивная фауна / В. В. Демянчик, В. Т. Демянчик; сост. А. Н. Вабищевич. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2019. – С. 148–149.
4. Демянчик, В. Т. Древесно-кустарниковые растения / В. Т. Демянчик; сост. А. Н. Вабищевич. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2019. – С. 146–147.
5. Биогенные агроэкологические риски Белорусского Полесья / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина; В. Т. Демянчик [и др.]; под ред. С. М. Ленивко. – Брест : БрГУ, 2018. – 281 с.
6. Atlas of crayfish in Europe / C. Souty-Grosset [et al.] (eds.). – Paris : Museum National d'Histoire Naturelle, 2006. – 187 p.
7. Rakauskas, R. Contribution to the knowledge of the aphid (Hemiptera, Sternorrhyncha: Aphidoidea) fauna of the Gorodok Highland, Belarus / R. Rakauskas, S. Buga // Acta Zool. Lituanica. – 2010. – Vol. 20, № 4. – P. 205–224.

INVASIVE SPECIES OF FAUNA AND FLORA IN ECOSYSTEMS OF BREST DEMIANCHYK V., RABCHUK V., DIATCHUK I., DEMIANCHYK V., DEMIANCHYK M.

The article discusses the species composition of invasive species of plants and animals in Brest in 2010–2020. In the city's ecosystems, 40 species of aggressor plants and 14 species of invasive fauna are registered.

УДК 574:598.265.1:913

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ВЯХИРЯ *COLUMBA PALUMBUS* НА ЭТАПЕ АКТИВНОЙ СИНАНТРОПИЗАЦИИ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ

В. Т. Демянчик¹, А. М. Семеняк², А. И. Ольгомец³, В. В. Демянчик¹

¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

²Стаховская СШ, д. Стахово, Столинский район, Республика Беларусь

³Семигостичская СШ, д. Семигостичи, Столинский район, Республика Беларусь

Обсуждаются особенности активной синантропизации вяхиря на 18 стационарах в Белорусском Полесье. Отмечено увеличение его обилия в 2 раза по восточному вектору расселения синантропных группировок и в 4–5 раз по северо-восточному вектору и одновременно – стабилизация распределения и численности на крайнем юго-западе. Наблюдается неуклонный рост численности вяхиря в отличие от других 4 видов голубиных региона.

Введение

Вяхирь – крупный, заметный представитель голубообразных Белорусского Полесья и поэтому всегда попадал в поле зрения орнитологов прошлого. За последние 100 лет вяхирь в регионе продемонстрировал наиболее широкий спектр биологических изменений на пути популяционного прогресса и не имеет аналогов среди представителей аборигенной лесной орнитофауны. Вызывает интерес анализ экологических особенностей вяхиря на современном этапе прогрессирования численности и активным освоением этим видом птиц местообитаний во всех типах населенных пунктов Полесья.

Методика и объекты исследования

Исследования на уровне общих орнитологических регистраций проведены в 1982–2020 гг. на территории 18 стационаров в западной и центральной частях Белорусского Полесья и прилегающих районов. В 2015–2020 гг. были специальные наблюдения за 450 гнездами вяхиря. Оценка питания и лимитирующих факторов проведена методами прямых наблюдений, анализа содержимого желудков вяхиря ($n = 16$) и остатков питания 18 фоновых видов хищных зверей и птиц.

Результаты и их обсуждение

В начале XX в. вяхирь считался редким гнездящимся видом лесных птиц Полесья [1], в середине – относительное обилие вяхиря оценивалось как «немногочисленный вид» [2], во второй половине – вяхирь считался обычным видом в островных лесах вокруг Беловежской пуши [3].

В ходе наших исследований в 1980–1990 гг. и последующие годы установлено, что вяхирь в естественных лесах и массивах древесно-кустарниковой растительности был малочисленным видом, а после 1990-х гг. – даже редким видом лесной фауны.

В оптимальных лесных местообитаниях в 1980–1990 гг. его численность достигала 3–4 пары/км². Но в отличие от большинства неворобьиных птиц региона по характеру распределения выделялся эвритопностью лесных гнездовых биотопов. Гнезда вяхиря находились на участках всех лесных формаций Полесья: от ветляников и дубрав до низкорослых сфагновых сосняков и пойменных пепельноивняков.

Во второй половине 1980–1990-х гг. установлено проникновение вяхиря в населенные пункты

и формирование устойчивых гнездовых группировок в городах, высокоствольных придорожных насаждениях в прочих населенных пунктах на юго-западе Белорусского Полесья. Процесс синантропизации вяхиря продолжается до настоящего времени и в последние годы охватил и населенные пункты, расположенные среди обширных лесоболотных массивов – стационары Бобровичи и Выгонощи. На этих двух стационарах непосредственно в застройке вяхирь стал гнездиться сравнительно поздно: соответственно в 2010 и 2014 гг. Стартовым регионом (стационаром) синантропизации вяхиря на территории Беларуси следует считать Томашовку. Еще в середине 1980-х гг. ареал синантропизации вяхиря на территории Польши достиг Люблинщины, а в конце 1980 гг. – юго-запада Беларуси (стационар Томашовка) [4, 5]. К настоящему времени по северо-восточному вектору расселения синантропных группировок вяхиря распространилось за 200–300 км за пределы Полесья [6, наши данные]. Для выяснения темпов синантропизации и формирования устойчивых гнездовых группировок оценивалось обилие, характер территориального распределения и расстояние от стартового стационара синантропизации (таблица).

Сравнение обилия вяхиря и удаленность стационаров от Томашовки показано на рисунке.

В таблице и на рисунке прослеживается тренд снижения обилия вяхиря по мере удаления стационаров в северо-восточном направлении. При этом для городов в этом направлении (Пинск – Ивацевичи) характерен очаговый характер распределения, когда до 50 % и больше гнездящихся пар вяхиря концентрировалось на относительно небольших (10–40 га) парках и скверах. Примечательно, что первые и наиболее концентрированные очаги гнездящихся пар вяхиря (до 4 пар/га) в Бресте и Томашовке в 1990-е гг., а в последнее десятилетие в Пинске и Ивацевичах, сформировались в непосредственной близости от колоний грача. По оценкам 2019–2020 гг. максимальный гнездовой успех (44,06 %) открыто гнездящихся пар вяхиря ($n = 59$) был отмечен в радиусе 0,2 км от активных колоний грача.

В то же время, относительное число гнезд, из которых вылетел хотя бы один птенец среди дисперсно гнездящихся пар ($n = 98$) в этих городах, составило всего 3,06 %.

Таблица. – Обилие гнездящихся пар вяхиря *Columba palumbus* на стационарах западной и центральной частей Белорусского Полесья в 2015 г.

№ п/п	Стационары	Площадь стационара, км ²	Удаленность от Томашовки, км	Гнездящиеся пары вяхиря			
				число учтенных пар, л	Обилие, пар/км	отклонение от средней плотности, %	распределение
1	Северо-запад Бреста	6,7	61	32	4,77	52,71	л,о
2	Северо-восток Бреста	6,7	63	17	2,54	28,07	п
3	Запад Бреста	6,7	58	48	7,16	79,12	л,о
4	Старый центр Бреста	6,7	59	238	35,52	392,49	л,о
5	Новый центр Бреста	6,7	59	35	5,22	57,68	л
6	Восток Бреста	6,7	61	4	0,59	6,52	л,о
7	Юг Бреста	6,7	56	78	11,64	128,62	л
8	Пинск	6,7	182	55	8,2	90,61	о
9	Ивацевичи	6,7	174	1	0,15	1,6	о
10	Семигостичи Столинский район	6,7	269	10	1,49	16,46	о,д
11	Стахово Столинский район	6,7	221	12	1,79	19,78	д
12	Коробье Столинский район	1,8	229	2	1,11	12,27	д
13	Выгонощи Ивацевичский район	6,7	196	1	0,14	1,55	п
14	Бобровичи Ивацевичский район	1,1	189	4	3,63	40,11	п
15	Томашовка Брестский район	6,7	0	95	14,17	156,57	о,д
16	Белое озеро Брестский район	1,05	30	55	53,38	589,83	д
17	Большая Турна Каменецкий район	4,0	807	8	2,0	22,10	л
18	Среднее число по стационарам	5,59		41,06	9,02	100,0	

Примечание. Распределение пар: д – диффузное, л – линейно-полосовое, о – очаговое, п – периферийно-полосовое.

В сельской местности и в городах на этапе начала синантропизации в зоне грачевников вяхирь также формировал выраженные гнездовые очаги (Томашовка, Стахово, Семигостичи).

В целом в условиях безлесных ландшафтов для сельских населенных пунктов больше характерен диффузный тип распределения гнездящихся пар вяхиря (таблица).

Для населенных пунктов среди лесов отмечен и периферийно-полосовый тип (Выгонощи, Бобровичи). Для него характерны сравнительно низкие показатели обилия гнездовых группировок вяхиря (таблица).

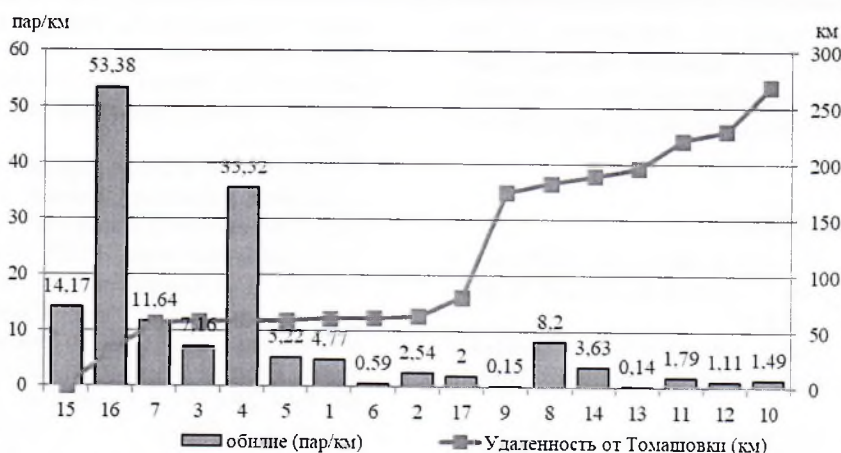
В современном распределении гнездящихся пар вяхиря в г. Бресте преобладающий тип – линейно-полосовой, когда более 60 % гнезд сосредоточено в относительно узких полосах вдоль широких озелененных улиц с интенсивным дорожным движением. Например, в 2020 г. вдоль основной дорожно-уличной оси (проспект Машерова – ул. Московская) протяженностью 10 км среднее расстояние между жилыми гнездами вяхиря составило 0,07 км.

Судя по наблюдениям последних десятилетий численность вяхиря в Бресте стабилизировалась к 2016 г., но в 2020 г. отмечено незначительное возрастание (на 5–20 %) числа гнездящихся пар.

В сельской местности за этот период наблюдалось неуклонное (без скачков) увеличение численности, что особенно характерно по мере удаления стационаров на восток и северо-восток. В 2020 г. в Стахово и Семигостичах число пар вяхиря достигло 28 и 20 соответственно, т. е. удвоилось за 5 лет (таблица). В Ивацевичах, Выгонощах и Бобровичах отмечен более интенсивный рост численности гнездящихся пар вяхиря – в 4–5 раз по сравнению с 2015 г.

Примечательная особенность экологии вяхиря – сравнительно частое устройство гнезд в технических сооружениях: на карнизах зданий и пустующих балконах. Первое такое гнездовье было отмечено одним из авторов на ул. Вольная г. Бреста, еще в 2005 г. К 2020 г. выявлено более 30 таких случаев. Возможное освоение закрытых гнездовых ниш на чердаках, в вентиляционных конструкциях и т. п. обеспечит дальнейший прогресс численности этого ранее лесного вида птиц.

По фенологии размножения в населении вяхиря выделены 4 волны: мартовско-апрельская, майская, июньско-июльская, августовско-сентябрьская. На первой основные потери гнезд и кладок обусловлены абиотическим фактором (ураганы, снегопады, заморозки, ливни), хищничеством серой вороны, домашней кошки, каменной куницы. Наибольший



- | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| 1. Северо-запад Бреста | 5. Новый центр Бреста | 9. Ивацевичи | 13. Выгонощи |
| 2. Северо-восток Бреста | 6. Восток Бреста | 10. Семигостичи | 14. Бобровичи |
| 3. Запад Бреста | 7. Юг Бреста | 11. Стахово | 15. Томашовка |
| 4. Старый центр Бреста | 8. Пинск | 12. Коробье | 16. Белое озеро |
| | | | 17. Большая Турна |

Рисунок. – Распределение обилия гнездящихся пар вяхиря *Columba palumbus* в зависимости от удаления от аг. Томашовка на стационарах западной и центральной частей Белорусского Полесья в 2015 г.

гнездовой успех в населении вяхиря характерен для второй волны. Как показал анализ питания городской группировки, удаленной от сельхозугодий даже на 10 км и больше, именно для второй волны характерна наиболее благоприятная кормовая ситуация. В мае в составе кормов вяхиря, гнездящегося в Бресте, значительное (возможно – основное) место в рационе составляли высококалорийные, питательные корма: семена ячменя, кукурузы, зернобобовых, бобовых, зелень рапса.

После 2015 г. стали регистрироваться первые зимовки одиночных особей и стай вяхиря. Известные нам 12 зимовок вяхиря в 6 административных районах Брестской области были приурочены к севооборотным участкам вышеперечисленных полевых культур.

Такие кормовые возможности для вяхиря и других 4 видов голубей региона сложились повсеместно в регионе только в последние 20 лет. Благодаря способности к дальним перелетам на кормежку и вселению в селитебные экосистемы только у вяхиря среди голубиных региона прослеживается четкий популяционный прогресс. Этому способствует и активное потребление вяхирем урожая косточковых плодовых культур, желудей, расплюснутых остатков плодов конского каштана.

На этом фоне в последние 20 лет наблюдается снижение численности гнездящихся пар (по регистрациям токующих особей) и успех размножения (по регистрациям доли молодых особей в летних стаях) вяхиря в лесных массивах (стационары Выгонощи, Бобровичи, Белое озеро).

Изменилась и ситуация в островных лесах агроландшафтов, где в сосняках-молодняках 15–25-летнего возраста в начале 2000-х гг. отмечалось до 4–5 пар/га. В последние годы с выходом таких островных лесов в 3-й и 4-й класс возраста численность вяхиря снизилась до 0,1 пар/га и ниже (окрест-

ности стационаров Стахово, Семигостичи, г. Бреста, Б. Турна). Отметим, что на Выгонощанском стационаре в островных сосняках 10–55-летнего возраста в течении 30 лет в результате хищничества тетеревиатника *Accipiter gentilis*, ворона *Corvus corax* и лесной куницы *Martes martes* успешные гнездовья вяхиря не регистрировались.

На всех лесных стационарах за эти годы в 2–4 раза возросла численность сойки, которая наряду с другими врановыми относится к врагам вяхиря [7].

Отметим, что в г. Бресте в последние годы наблюдаются факты успешных «противодействий» по отношению к серой вороне, гнездящихся пар вяхиря путем расположения гнезд в полузакрытом пространстве; повторным гнездованиям после разлета выводков серой вороны; агрессивным выпадам на серую ворону. Более успешными оказываются гнезда вяхиря, в которых выкармливается не два, один птенец.

Выводы

1. На современном этапе активной синантропизации вяхиря в Белорусском Полесье за последние 5 лет отмечено увеличение его обилия в 2 раза по восточному вектору расселения синантропных группировок и в 4–5 раз по северо-восточному вектору и одновременно – стабилизация численности на крайнем юго-западе.

2. С начала устойчивого гнездования вяхиря в черте городских населенных пунктов региона с конца 1980-х гг. преобладал очаговый тип распределения гнездящихся пар, в дальнейшем отмечался линейно-полосовой тип.

Для типичных сельских населенных пунктов в пределах агроландшафта преимущественный тип распределения гнездящихся пар вяхиря – диффузный.

3. В настоящее время благодаря способности к большим кормовым перелетам, особенностям питания, размещению гнезд и гнездовому поведению,

сложившейся агрокультуры в последние 20 лет на территории населенных пунктов Белорусского Полесья наблюдается неуклонный рост численности вяхиря, в отличие от других 4 видов голубиных региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнитников, В. Н. Птицы Минской губернии / В. Н. Шнитников. – М. : Типолитограф. т-ва И. Н. Кушнеров и К^о, 1913. – 475 с.
2. Долбик, М. С. Птицы Белорусского Полесья / М. С. Долбик. – Минск : Изд-во АН БССР, 1959. – 268 с.
3. Дацкевич, В. А. Исторический очерк и некоторые итоги орнитологических исследований в Беловежской пуще (1945–1985) / В. А. Дашкевич. – Витебск : Изд-во Витеб. гос. ун-та им. П. М. Машерова, 1998. – 115 с.
4. Atlas ptaków lęgowych Lubelszczyzny / J. Wójciak [et al.]. – Lublin : Lubelskie Tow-wo Ornitologiczne, 2005. – 512 s.
5. Tomiałojć, L. The urban population of the wood pigeon *Columba palumbus* Linnaeus, 1758 in Europe – its origin, increase and distribution / L. Tomiałojć // Acta Zoologica Cracoviensia. – 1976. – Vol. 21. – P. 586–631.
6. Сахвон, В. В. Синурбизация вяхиря (*Columba palumbus*) в Беларуси / В. В. Сахвон // Зоологические чтения – 2017 : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 15–17 марта 2017 г. / О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2017. – С. 197–198.
7. Котов, А. А. Вяхирь / А. А. Котов // Птицы России и сопредельных регионов. – М. : Наука, 1993. – С. 50–65.

FEATURES OF THE ECOLOGY OF THE *COLUMBA PALUMBUS* IN THE PROCESS OF ACTIVE SYNANTHROPIZATION IN BELARUSIAN POLESIE DEMIANCHYK V., SEIANIAK A., OLGOMETTS A., DEMIANCHYK V.

The article discusses the features of active synanthropization of the *C. palumbus* in 18 permanent study areas in Belarusian Polesie. Increasing of abundance (2 times more) was noted in the eastern vector of the settlement of synanthropic groups and increasing (4–5 times more) in the northeast vector, and at the same time, stabilization of distribution and abundance in the extreme southwest. There is a steady increase of the number of the *C. palumbus*, in contrast to the other 4 species of *Columbidae* in region.

УДК 551.79.561(476)

ОСОБЕННОСТИ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Я. К. Еловичева

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Снижение фиторазнообразия Полесского региона Беларуси обусловлено в постоптимальный период голоцена (последние 5 тысяч лет) естественным (уменьшение теплообеспеченности в конце межледниковой эпохи связи с предстоящим оледенением) и антропогенным (трансформация ландшафтов и использование человеком фитофонда в течение 2,5 тыс. лет) факторами и частичным его восстановлением в период глобального потепления климата, вероятно, является ныне интродукция растений.

Введение

Белорусское Полесье находится на юге Беларуси и занимает около 28 % площади ее территории, которая в виде обособленной естественно-исторической области с присущими ей особенностями геологического развития, своеобразием геоморфологических, климатических, гидрологических и почвенных условий отличалась формированием специфического растительного покрова и флоры [1, с. 295].

Методика и объекты исследования

Древне-озерные и болотные отложения были исследованы в скважинах палинологическим методом в целях установления возраста и климатических условий накопления древних и современных (голоценовых) толщ, состояния фиторазнообразия [2, с. 169].

Результаты и их обсуждение

Анализ и обобщение палинологических данных показали, что природные ландшафты этой территории за последние 800 тыс. лет сформировались под влиянием неоднократных ледниковых покровов преимущественно в раннем и первой половине среднего плейстоцена за счет деятельности ледниковых покровов (наревского, сервечского, березинского, еселевского, яхнинского и максимального днепровского), а современный облик они постепенно приобретали в последнеднепровское время уже за счет только влияния развитых к северу от Полесья сожского (в центре региона) и поозерского (на севере) ледников (осложненных стадиями и межстадиями). В эти временные интервалы биоразнообразие юга Беларуси пополнялось с севера и северо-запада холодолюбивыми (аркто-бореальными, бореальными) видами растений, с запада – европейскими, с востока – дальневосточными горными и с юга – ксерофитными представителями, имевшими в целом тундро-лесостепной облик и отражавшими существование природных условий более холодных и влажных при наступании ледника, а холодных и сухих – при его отступании по сравнению с современными. Эти флоры слагали особый перигляциальный тип растительности [2, с. 172], распространенной у края ледника, ныне не имеющей аналогов и не свойственной современной флоре региона. Так, даже в болотных и озерных разрезах Полесья поозерские позднеледниковые осадки в основании современных котловин постоянно содержат находки пыльцы и споровых холодолюбивых видов [2, с. 172; 3, с. 831]. Некоторые из них ныне еще сохранились в Беларуси в качестве реликтов ледниковой эпохи.

Свое наибольшее фиторазнообразие территория Белорусского Полесья, как и всего региона, приобретала в межледниковые эпохи – брестскую, корчевскую, беловежскую, ишкольдскую, александрийскую, смоленскую, шкловскую, муравинскую и голоценовую (в объеме 10 300 лет – незавершенной еще фазой ели и березы) с 1–3 оптимумами и межоптимальными похолоданиями, обогащаясь теплолюбивыми представителями флоры в большей мере именно в оптимальные интервалы (среднегодовая температура и количество осадков превышали современные), когда вся территория Беларуси была занята зоной широколиственных пород, северный предел которой достигал юга Карелии, а южный – середины Украины. Экзотические мезо- и термофильные элементы палинофлоры от неогена (*тропические* и *субтропические* растения) к оптимуму голоцена представляли последовательную смену *пранеморальной* (корчевская, беловежская) → *протонеморальной* (ишкольдская, александрийская, смоленская, шкловская) → *неморальной* (муравинская) → *бореальной* (атлантическая голоценовая) флор, свидетельствующих о существовании природных условий более теплых и влажных в периоды межледниковий по сравнению с нынешними [2, с. 172], входили в состав широколиственных и смешанно-широколиственных лесов полесского типа (высокая роль сосны).

Весьма представительный состав экзотов плейстоцена на Полесье слагался евроазиатскими, европейскими, американо-восточноазиатскими, восточноазиатскими (и азиатскими), американо-средиземно-азиатскими, средиземно-азиатскими, американо-евроазиатскими, североамериканскими, тропическими и субтропическими географическими элементами. Голоценовая флора даже в атлантический оптимум была сходна с нынешней и не включала экзотических форм [2, с. 171].

Но в постоптимальный этап голоцена, который длится уже ~5000 лет, природная климатическая составляющая наметила тренд на похолодание климата в преддверии завершения голоценового межледниковья, что обусловило смену повсеместной зоны широколиственных лесов на смешанную (на юге) и среднетаежную (на севере), снижение фиторазнообразия за счет мезо- и термофильных пород, трансформацию человеком природных ландшафтов в течение последних 2500 лет. Тем не менее для завершения макросукцессии палеофитоценозов голоцена еще следует ожидать миграцию

в регион с севера хвойного (елового и сосново-го – SA-4), затем бетулярного (березового – SA-5) ценоэлементов. В этой позиции ожидания и находится ныне современная цивилизация (фаза сосны – SA-3), все возрастающее действие которой проявилось в нарушении состава растительного покрова (увеличение в ландшафте роли травяных ассоциаций открытых мест: полыни, маревые, злаковые, разнотравье за счет снижения залесенности территории региона и площади осушенных болот, мест под строительство различных сооружений), гибели сообществ лесов (вырубка, поедание ели жуком-короедом), лугов и болот, уничтожении полезных видов флоры, более агрессивном поведении (*Heracleum sibiricum* L.) и появлении новых видов сорняков, заметном сокращении ареала части видов и нахождении их на грани выпадения (*Picea excelsa* Link., *Betula humilis* Schrank, *Abies alba* Mill.), увеличении роли травяных экзотов из числа степных, пустынных и полупустынных типов обитания (*Salsola*, *Coryspermum* и др.), обогащении флоры региона группой **синантропических растений** (*Urtica*, *Polygonum*, *Rumex*, *Plantago*, *Equisetum*, *Pteridium*, *Centaurea cyanus* L., *Polygonum convolvulus* L., *Silene*, *Artemisia*) – свидетелей наличия рудеральных мест и выгонов, стравливаемых участков, лугопастбищных угодий, вырубок), а также **культурных растений** (в том числе хлебных злаков: *Hordeum*, *Triticum*, *Secale*, *Fagopyrum*), как свидетельство хозяйственной деятельности человека.

Начиная с 1970-х гг. в условиях развивавшегося глобального потепления климата Земли (нарастание температуры и сухости) стало возможным вести посадку южных сельскохозяйственных культур региона в более северной его части, а также подвести итоги о состоянии фиторазнообразия на территории Беларуси. Фундаментальные работы в этом направлении вылились в процесс по охране природной флоры путем создания Национальных парков, заповедников, заказников, охраняемых территорий, памятников природы, восстановления осушенных болот в результате проведенных мелиоративных работ, частичному увеличению разнообразия состава флоры путем интродукции растений, созданию Красной книги Беларуси с перечнем охраняемых растений региона. Ныне в Белорусском Полесье (Брестский, Припятский, Мозырьский и Гомельский физико-географические округа) достоверно известно произрастание 117 охраняемых видов – это 61,9 % от таковых во флоре всей Беларуси [4, с. 162; 5, с. 17; 6, с. 8].

Прежде всего отмечена большая группа **редковстречаемых видов**: *Pinus peuce* GRISEB. (sect. *Strobus*) на Пинщине, *Galanthus nivalis*, *Lilium martagon*, *Cephalanthera rubra*, *Pulsatilla patens*, *Iris sibirica*, *Isoetes lacustris* L., *Viscum austriacum* Wiesb., *Caulinia minor* (All.) Coss. et Germ., *Daphne cneorum* L., *Prunus spinosa* L., *Dentaria bulbifera* L., а также растения, которые были определены по пыльце и спорам в плейстоцене: *Trapa natans* L., *Rhododendron luteum* Sweet, *Nymphaea alba* L., *Nuphar pumila* (Timm) DC., *Nuphar luteum* (L.) Sm., *Aldrovanda vesiculosa* L., *Huperzia sel-*

ago (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart., *Botrychium multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr., *Lycopodiella inundata* (L.) Holub, *Drosera intermedia* Hayne, *Salvinia natans* (L.) All., *Polypodium vulgare* L., *Hedera helix* L., *Viscum* sp. и др. [5, с. 17; 6, с. 8].

Потепление климата на протяжении последних 50 лет оказало свое существенное влияние на состав флоры и растительности Беларуси и привело к заметным последствиям [2, с. 184; 4, с. 162; 5, с. 17; 6, с. 8]:

а) **сокращению численности** или **исчезновению** бореальных видов растений (повторно не обнаружены *Carex rhynchophysa* С.А.М. и *Botrychium lanceolatum* (Gmel.) Rupr.; значительно **сокращают свой ареал** *Picea excelsa* Link. = *Picea abies* Karst., *Betula humilis*, *Abies alba* Mill. = *A. picea* Lindl.; еще редко встречававшаяся 800 л. н. *Larix Mill.* ныне отмечается только в посадках;

б) **продвижению к северу** более теплолюбивых растений, появляющихся значительно севернее ранее известных мест обитания (*Viscum album* L., *Lemna gibba* L., *Cuscuta campestris* Yuncker);

в) **резкому увеличению численности** некоторых инвазионных видов растений в связи с более теплым вегетационным периодом (*Erechtites hieracifolia*, *Asclepias syrica* L., наряду с обретением устойчивости в более северных районах страны части адвентивных видов растений (*Robinia pseudo-acacia* L., *Phytolacca acinosa*), которые на юге Беларуси проявляют свои инвазионные свойства.

Следует отметить, что представители степных растений в Белорусском Полесье отнюдь не означают миграцию природных зон лесостепи и степи, поскольку они находятся лишь в роли «пионерных растений» на удобных для них открытых песчаных участках, появившихся в результате проведенной в 1960-х гг. мелиорации.

Широтные особенности состава флоры Полесья проявляются в следующем [5, с. 17; 6, с. 8]:

1) только во флоре Брестского Полесья отмечены *Osmunda regalis*, *Asplenium adiantum-nigrum*, *Salvinia natans*, *Saxifraga granulata*, *Trifolium rubens*, *Orchis morio* и некоторые другие; здесь выявлена значительная часть центрально- и атлантическо-европейских видов (*Polypodium vulgare*, *Isopyrum thalictroides*, *Hedera helix*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Viscum austriacum*, *Melittis sarmatica*, *Crepis mollis* и некоторых других), которые находятся на восточной либо северо-восточной границе ареала;

2) исключительная роль Припятского Полесья обусловлена как физико-географическим положением территории в центре Полесья, так и разнообразием ее природных условий за счет широко распространенных по всей Беларуси охраняемых видов (*Dentaria bulbifera*, *Thesium ebracteatum*, *Platanthera chlorantha* и др.) и тех, места произрастания которых известны только здесь: *Corydalis intermedia*, *Lindernia procumbens*, *Iris aphylla*, а также концентрацией значительного количества аркто-бореальных и бореальных видов в сравнении с другими частями провинции: *Isoetes lacustris*, *Nuphar pumila*, *Betula humilis*, *Salix myrtilloides*, *Lunaria redi-*

viva, *Listera cordata* и некоторых других за счет наибольшего простираения данной территории на север, более широким распространением здесь ельников, верховых и переходных болот, где чаще встречаются виды бореальной группы;

3) характерной особенностью флоры Мозырского Полесья является присутствие охраняемых видов горной экологии (*Polystichum braunii*, *Cimicifuga europaea*, *Galium tinctorium* и др.), что обусловлено орографическими особенностями – наиболее возвышенной на Полесье Мозырской гряды, наименьшей площадью, а также относительным однократием природных условий данного округа;

4) отличительной особенностью флоры Гомельского Полесья является значительное участие в ее составе некоторых восточноевропейских, евро-сибирских и евро-сибирско-аралокаспийских видов (в том числе охраняемых – *Sempervivum ruthenicum*, *Clematis recta*, *Cirsium pannonicum*, *Scorzonera purpurea*, *Gagea spathacea* и др.), которые находятся в Беларуси на западных и северо-западных границах ареала.

Выводы

Уникальность и разнообразие природы Белорусского Полесья, представляющую единую полесскую провинцию, ставит актуальные вопросы сохранения ее в первозданном виде и создания особо охраняемых природных территорий. Только здесь известны *Equisetum telmateia* Ehrh., *Osmunda regalis* L., *Euphorbia villosa* Waldst. et Kit. ex Willd. I. CR., *Daphne sneorum* L., *Iris aphylla* L., *Pinus peuce* GRISEB. (sect. *Strobis*) и некоторые другие. Наиболее богато по числу охраняемых видов Припятское Полесье: 87 произрастающих таксонов составляют 46 % видов Красной книги Республики Беларусь; 54 вида имеет международный природоохранный статус, который совместно с национальным статусом прида-

ет наибольшую ценность видам *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Saxifraga granulata* L., *Aldrovanda vesiculosa* L., *Dracocephalum Ruyschiana* L., *Cypripedium calceolus* L. [6, с. 8]. Частичным восстановлением фитофонда ныне в период потепления климата, вероятно, является интродукция растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенов, В. И. Флора Белорусского Полесья: Современное состояние и тенденции развития / В. И. Парфенов. – Минск : Наука и техника, 1983. – 295 с.
2. Еловичева, Я. К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси / Я. К. Еловичева. – Минск : Белсэкс, 2001. – 292 с.
3. Еловичева, Я. К. Палинология Беларуси : в 4 ч. [Электронный ресурс] / Я. К. Еловичева. – Минск : БГУ, 2018. – 831 с. Монография депонирована в БГУ 08.01.2019 г., № 000308012019. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>. – Дата доступа: 20.03.2020.
4. Мяслик, А. Н. Созологический анализ аборигенной флоры Припятского Полесья / А. Н. Мяслик // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 7–9 окт. 2015 г. – Минск, 2015. – С. 162–166.
5. Мяслик, А. Н. Природные территории Припятского Полесья, представляющие ценность для сохранения разнообразия сосудистых растений / А. Н. Мяслик // Современные концепции и методы сохранения фиторазнообразия : материалы Междунар. науч.-практ. семинара, Минск – Гродно, 1–4 окт. 2019 г. – Минск, 2019. – С. 17–22.
6. Мяслик, А. Н. Созологический анализ флоры Белорусского Полесья / А. Н. Мяслик, О. А. Галуц // Весн. Палес. дзярж. ун-та. Сер. Прыродазн. навук. – 2016. – № 1. – С. 8–16.

FEATURES OF PHYTOPLASTIC OF BELARUSIAN POLESYA YELOVICHEVA YA.

The decrease of the phytovariety of the Polesje region of Belarus is conditioned in the postoptimum time of the Holocene (last 5 thousand years) by the natural (decrease of the warmth in the end of the interglacial epoch in connection with a laying ahead glaciation) and anthropogenic (transformation of landscapes and usage of the phitofund by the person during last 2,5 thousand years) factors and its partial recovery in the period of a global warming of a climate is probably now by the introduction of plants.

УДК 502.51:006; 504.6:62/69

РАЗРАБОТКА ТИПОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

П. Н. Захарко, С. А. Дубенок

Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, г. Минск, Республика Беларусь

Наращивание объемов производства продукции сопровождается увеличением водопользования и массы загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод. Предприятия по производству молочных продуктов в основном являются абонентами ВКХ, поэтому локальная очистка производственных сточных вод позволит снизить поступление загрязняющих веществ с очистных сооружений ВКХ в водные объекты.

Развитие производственной сферы и принятие в последние десятилетия в республике ряда государственных программ по развитию промышленного комплекса обуславливают актуальность вопросов рационального водопользования и очистки производственных сточных вод.

Программа развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 г., утвержденная постановлением Совмина от 05.07.2012 № 622 [1], ориентирована как на увеличение объемов производства широкого спектра продукции, так и на применение ресурсосберегающих технологий в производстве.

Развитие экономики и наращивание объемов производства продукции сопровождается ростом производственных мощностей предприятий, что ведет к увеличению водопотребления, водоотведения и в большинстве случаев к повышению массы загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод (ПСВ). Учитывая, что основная часть промышленных предприятий отводит сточные воды в сети канализации населенных пунктов и является абонентами организаций водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), локальная очистка производственных сточных вод становится все более актуальной.

Организация предприятиями – абонентами ВКХ предварительной локальной очистки ПСВ позволит снизить массу загрязняющих веществ на приемной камере коммунальных очистных сооружений, предотвратить нарушения в их работе, и, как следствие, уменьшить поступление загрязняющих веществ в водные объекты.

В соответствии с международной практикой в Республике Беларусь предпринимаются меры по снижению нагрузки на коммунальные очистные сооружения за счет внедрения предварительной (локальной) очистки ПСВ перед их отведением в централизованные сети водоотведения (канализации). Постановлением Совмина от 23 октября 2019 г. № 713 для промпредприятий различных видов экономической деятельности установлены допустимые концентрации в ПСВ при их отведении в централизованные сети водоотведения (канализации) населенных пунктов.

Следует отметить, что если до вступления требований постановления Совмина № 713 предприятия по производству молочных продуктов, находясь в разных населенных пунктах имели различные

нормативы по сбросу ПСВ в сети коммунальной канализации, то теперь данные условия унифицированы в целом по республике.

С целью достижения предприятиями максимальных допустимых концентраций загрязняющих веществ в составе ПСВ, установленных в [2], РУП «ЦНИИКИВР» разработаны типовые требования к локальной очистке ПСВ для различных видов экономической деятельности.

Необходимость локальной очистки ПСВ зависит от ряда факторов: объема, перечня и концентраций загрязняющих веществ и показателей в СВ, режимов образования СВ и режимов их поступления в централизованные сети водоотведения (канализации), сложившихся условий приема СВ в сети канализации населенного пункта и эффективности работы коммунальных очистных сооружений в населенном пункте.

Научный анализ условий поступления ПСВ в сети канализации населенных пунктов позволил выделить следующие общие принципы организации локальной очистки ПСВ на предприятиях:

1) определение наиболее загрязненного потока ПСВ и принятие решения о его локальной очистке на внутрицеховых локальных очистных сооружениях (ЛОС) либо смешении с общим потоком СВ, образующихся на предприятии, с последующей очисткой смеси СВ на общих локальных очистных сооружениях предприятия;

2) выделение потока нормативно чистых ПСВ и их повторное (последовательное) использование в технологических процессах для снижения объема ПСВ, направляемых на ЛОС, либо смешение потока нормативно чистых ПСВ с производственными сточными водами, очищенными на ЛОС, с целью их усреднения и разбавления;

3) максимальное извлечение из сточных вод побочных продуктов и повторное использование ПСВ в производстве;

4) повторное (последовательное) использование очищенных ПСВ в технологических процессах, не требующих использования воды питьевого качества.

Проведенный анализ объемов ПСВ, поступающих на приемную камеру очистных сооружений большинства населенных пунктов, показал, что основные объемы ПСВ от предприятий кода ОКЭД 10 – производство продуктов питания, напитков и табачных изделий, в частности от предприятий по производству молочных продуктов (код ОКЭД 105) [3].

По данным, предоставленным организациями ВКХ, объем отведения ПСВ от данных предприятий в городах Лепель, Любань, Рогачев, Щучин составляет более 90 % от общего объема ПСВ, поступающих на приемную камеру очистных сооружений организаций ВКХ.

Основными источниками ПСВ данных предприятий являются: санитарная обработка оборудования, автомолцистерн, производственных помещений; водоподготовка; охлаждение оборудования; пермеат (процесс концентрирования сыворотки); выпар (работа вакуум-выпарных установок).

ПСВ по своему составу можно разделить на несколько видов: загрязненные легко- и трудноокисляемыми органическими веществами, выраженными по БПК₅ и ХПК, соединениями фосфора, взвешенными веществами, остатками сырья и продукции, жирами; отработанные растворы (кислотно-щелочные) от санитарной обработки оборудования; содержащие высокие концентрации хлорид-иона и минерализации (солильные бассейны, пермеат при концентрировании сыворотки); незагрязненные сточные воды (охлаждение оборудования, стерилизация бутылок).

Для данного вида деятельности рекомендовано использовать помимо основных ЛОС еще и внутри-

цеховые локальные системы очистки на отдельных выпусках: жируловитель для сточных вод маслоцехов; песколовка, нефтеловушка (бензомаслоуловитель) для сточных вод от наружной мойки автомолцистерн; сооружения для нейтрализации отработанных растворов.

Для снижения объема и массы загрязняющих веществ в составе СВ рекомендуется рассматривать:

- 1) организацию оборотной системы охлаждения оборудования (пастеризационно-охладительные установки, вакуум-выпарных установок, конденсаторы и компрессоры холодильных установок и т. д.);
- 2) использование конденсата вакуум-выпарных установок для подпитки системы оборотного водоснабжения, мойки оборудования; последнего ополоска оборудования для первой санитарной обработки оборудования;
- 3) организацию безразборных моек (СИП-мойки), включающих циркуляцию моющих средств;
- 4) уменьшение объема моющих средств за счет многофункциональности одного средства (моющее и дезинфицирующее свойство).

Типовые требования к локальной очистке производственных сточных вод предприятий по производству молочных продуктов приведены на рисунке.

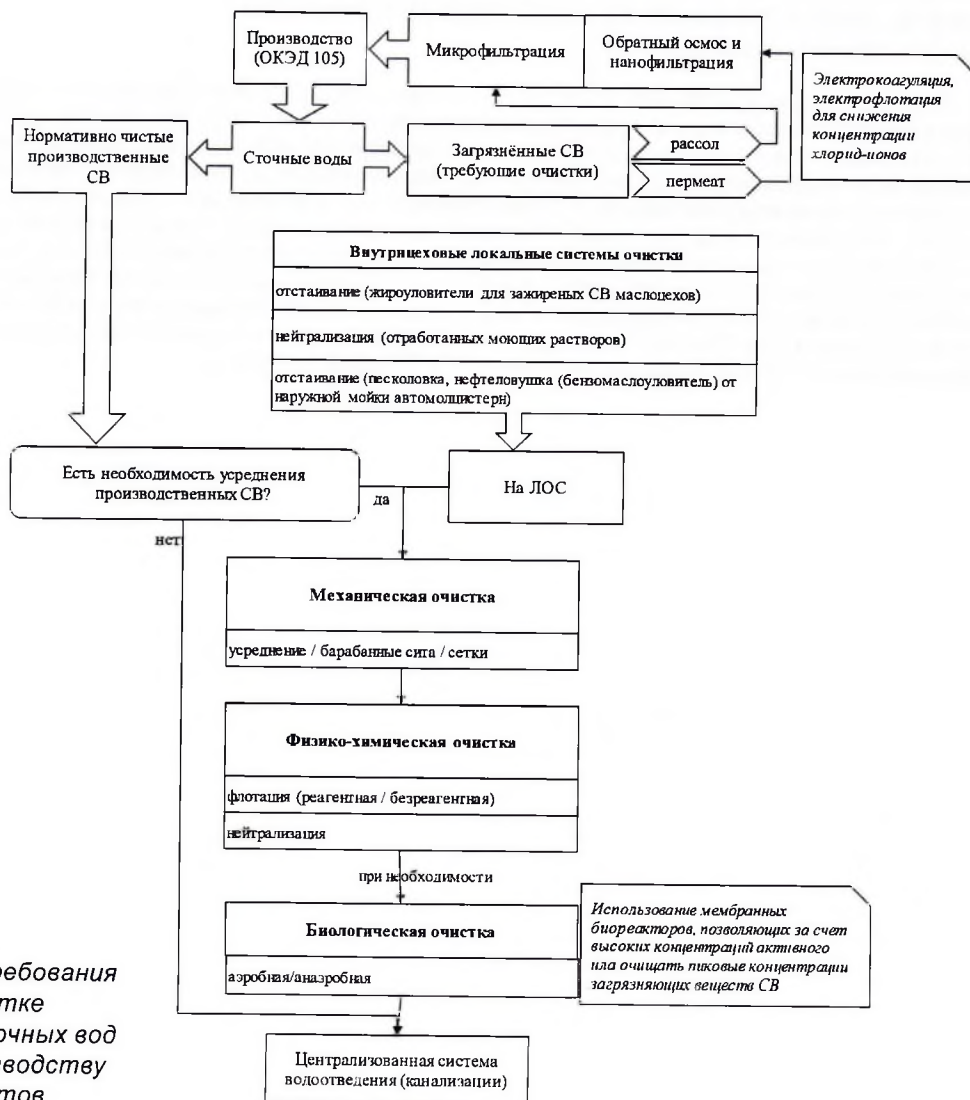


Рисунок. – Типовые требования к локальной очистке производственных сточных вод предприятий по производству молочных продуктов

Выбор технологии локальной очистки зависит от видов выпускаемой продукции предприятием по производству молочных продуктов. Так, предприятиям по производству цельномолочной продукции зачастую достаточно стадии механической и физико-химической очистки. Предприятиям по производству цельномолочной продукции, твердых, мягких сыров, казеина в большинстве случаев необходимо включать стадию биологической очистки. При этом очень важную роль играет правильно подобранный объем усреднителя, который должен позволять усреднять как минимум суточный объем отведения сточных вод.

В настоящее время существует большое количество вариантов организации локальной очистки сточных вод предприятий, при этом выбор каждого предприятия обусловлен, в первую очередь, стоимостными характеристиками внедряемой системы локальной очистки ПСВ и дальнейшей эксплуатации ЛОС. Для достижения предприятиями по производству молочных продуктов ДК, установленных в постановлении Совмина № 713, у всех предприятий должны быть как минимум

сооружения механической и физико-химической очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Программы развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 05 июля 2012 г., № 622 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
2. Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 окт. 2019 г., № 713 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
3. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 Виды экономической деятельности [Электронный ресурс] : постановление Госстандарта Респ. Беларусь, 05 дек. 2011 г., № 85 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

DEVELOPMENT OF TYPICAL REQUIREMENTS FOR LOCAL CLEANING OF PRODUCTION WASTE WATER OF DAIRY PRODUCTION ENTERPRISES ZAKHARKO P., DUBENOK S.

The main sources of wastewater from dairy enterprises: sanitization of equipment, tank trucks, industrial premises; water treatment; equipment cooling; permeate (serum concentration process); evaporation (operation of vacuum evaporation plants). Industrial waste water is complex in composition: it is contaminated with easily and hardly oxidizable organic substances expressed in accordance with BOD5 and COD, phosphorus compounds, suspended solids, residues of raw materials and products and require an integrated approach to their treatment. It is recommended to use, in addition to the main local treatment facilities, also intra-workshop local treatment systems on individual outlets. The choice of local cleaning technology depends on the type of product manufactured by the dairy product manufacturing company. Achieving the maximum permissible concentrations of pollutants in the composition of industrial wastewater, established in the Resolution of the Council of Ministers № 713 [2], is possible with the organization of at least mechanical and physico-chemical treatment facilities. The requirements of the Resolution of the Council of Ministers № 713 [2], will allow the enterprise for the production of dairy products to be in equal economic conditions in different settlements of the Republic of Belarus.

УДК[574-505](576)

МАЛЫЕ ВОДОЕМЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**И. И. Кирвель¹, В. Е. Левкевич², П. И. Кирвель³**¹Поморская Академия, г. Слупск, Польша²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь³Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

В связи с потеплением климата произошло значительное изменение в распределении стока. Сток в летнюю межень очень мал, а на небольших водосборах в его высоких частях распределение еще более неравномерное и зависит от погодных условий. Экологическое обоснование строительства водоемов и их влияния на водосбор должно быть обязательным.

Введение

В последние годы увеличилась заинтересованность проблемой малых водохранилищ и прудов. Исходит это из нескольких причин, среди которых можно отметить с одной стороны возрастающую хозяйственную и общественную потребность в них в системе водного хозяйства, с другой – очень ограниченные с точки зрения экономических и экологических проблем возможности реализации объектов «большой гидротехники». Большое значение играет экологическое обоснование строительства прудов и малых водохранилищ и их влияния на окружающий водосбор. Не всегда при строительстве водоемов удается сохранить пропорцию между инвестицией и их влиянием на окружающую среду.

Результаты и их обсуждение

На современном этапе наиболее перспективными направлениями водохозяйственного благоустройства водосборов малых рек, которых в Беларуси 19,3 тыс., или 93 % от их общего количества, следует считать создание прудов и малых водохранилищ для регулирования их водного стока; реконструкцию водохранилищ энергетического назначения; строительство прудов и водохранилищ на базе озер; создание водохранилищ промышленного назначения (источника воды); строительство полносистемных рыбохозяйственных комплексов; целевое строительство прудов местного значения; водное регулирование карьеров строительных материалов; создание копаней при строительстве дорог, дамб и других объектов.

В практике строительства прудов и малых водохранилищ, особенно в Полесской низменности, большое значение имеет допустимая норма удельных затоплений на основе учета особенностей рельефа, параметров водоемов и прогнозируемых процессов в зоне затопления. В условиях Беларуси наименьшие затопления отмечаются при средних глубинах водоема 2,0–3,0 м, что соответствует величине удельных затоплений 0,3–0,5 м³/м² [1]. Надо помнить, что окружающая среда водотоков и речных долин является самым ценным показателем биологической продукции «долинами жизни», объединяющими мозаику естественных ландшафтов в Беларуси в одно целое.

Строительство прудов и малых водохранилищ стало особенно интенсивно развиваться в 1970–1990 гг., в связи с задачами комплексного использования местного стока в первую очередь для орошения, что особенно важно в данное время. Пылевые

бури на Полесье обусловлены многими факторами, одним из них является острая нехватка воды. Использование воды для орошения не зарегулированных водотоков осложняется неравномерностью распределения стока в году: половодье происходит ранней весной (до 60 %), когда нет большой потребности в воде, а в летнюю межень, когда вода нужна для полива, реки имеют небольшой сток или вообще пересыхают.

О значительной неравномерности распределения стока в течении года на малых реках можно заключить на основе сопоставления расходов воды в период весеннего половодья и летнюю межень. Сток их в летнюю межень очень мал и может составлять 1–2 % от паводочного расхода. Так, на р. Поросица у г. Горки (площадь водосбора 86 км², длина 24 км) весенний расход 25,5 м³/с был в 410 раз больше летнего (0,062 м³/с). В высоких частях водосбора или на малых реках с малым годовым стоком его распределение в году еще более неравномерно и зависит от погодных условий зимнего и весеннего периодов. Поэтому в последние 15 лет половодий на них не отмечается. В Полесье отсутствие стока летом наблюдалось на реках с водосбором 11–1280 км² [2]. В этих условиях регулирование местного стока водотоков путем аккумуляции его в искусственных водоемах разного размера представляется единственно возможным путем обеспечения необходимого запаса воды. В Белорусском Полесье насчитывается более 400 прудов и около 100 малых водохранилищ, хотя необходимость народного хозяйства в них значительно больше. Для орошения 100 га земли нужен пруд объемом до 220 тыс. м³ [3]. Развитие прудового фонда здесь сдерживается трудностью выбора их строительства в условиях плоского рельефа местности, неблагоприятными геологическими и гидрогеологическими условиями и др. При выборе мест строительства водоемов необходимо добиваться минимального затопления территории, при возможном максимальном полном объеме. Самой важной функцией малых искусственных водоемов является обеспечение водой сельского хозяйства. Пруды должны быть экономичны и эффективны, а зарегулированную воду следует использовать для орошения. Орошаемая площадь земель в Беларуси должна составить в перспективе более 500 тыс. га. Для этого потребуются до 1300 млн м³ воды в год, 95 % обеспеченности. Забор воды только из прудов составит более 25 % от общего потребления. Второй функцией малых

водоемов является их воздействие на окружающую среду. Это воздействие проявляется перегораживанием водотока; изменением скорости воды; нарушением движения наносов; изменением естественного режима расхода воды; изменением качества воды; влиянием на условия увлажнения прилегающих территорий. В размещении прудов на территории Беларуси отмечается определенная закономерность. Количество прудов и их густота растут с высотой местности, что является отражением влияния расчленения рельефа на выбор мест для сооружения прудов, т. е. наибольшее количество прудов размещено в верховьях притоков, на водотоках 2–3-го порядков. Кроме этого, с увеличением расстояния от основной реки растет потребность в воде и возникает необходимость ее аккумуляции в водоемах. Малые водохранилища в основном размещены на притоках 1–2-го порядков. Среднегодовой сток рек Беларуси уменьшается от 8,5 л/(с·км²) в северо-западной части республики до 3,5 л/(с·км²) на юге республики в бассейне Припяти, т. е. его пространственное изменение происходит в соответствии с географической зональностью климатических факторов. Сток малых водотоков (площадью водосбора менее 5–10 км²), наполняющих пруды, изучен слабо и основные сведения о нем относятся к воднобалансовым станциям. Воспользоваться картой стока рек для оценки стока малых рек нельзя. Поэтому ближе по величине к стоку малых рек будет весенний сток рек, в формировании которого участвуют в основном поверхностные воды. На севере республики его величина равна 100–120 мм, на юге 50–100 мм. При заполнении прудов во время весеннего половодья важно, чтобы объем изъятия стока не нарушал экологические условия в нижнем бьефе. Для этого необходимо рассчитать эксплуатационные ресурсы, сохранив природоохранный расход. Проведенные исследования показали [4], что сброс воды из прудов превышает сток водотока выше водоема. Сохранение на зарегулированных реках 75 % минимальных суточных расходов 95 %

обеспеченности (в естественных условиях) гарантирует интересы охраны природы [1]. Без каких-либо существенных мероприятий в Беларуси доступен для использования меженный речной сток, гарантированная величина которого в год с обеспеченностью 95 % составляет в расчете на наиболее напряженные летние месяцы 1 км³ [5]. Этот факт еще раз подтверждает необходимость увеличения искусственных водоемов. Пруды оказывают в разной степени влияние на процессы в русле водотока, и положительно на окружающую местность. Главное их предназначение – широкое использование в летнюю межень в целях орошения и рыборазведения, хозяйственно-бытовых и противопожарных целях, рекреации и др. Назначение малых водохранилищ несколько иное. Они могут регулировать сток во времени и пространстве. Влияние водоемов на сток отражено в таблице.

Принято считать, что пруды уменьшают сток водотоков, на которых они расположены, за счет разницы между испарением с суши и с водной поверхности пруда. Однако уже первые воднобалансовые исследования малых озер и прудов лесной зоны [6, 7] показали, что сброс воды из водоемов превышает сток водотока выше водоема. Следовательно, на участке этих водоемов происходит не уменьшение, а увеличение стока за счет таких элементов приходной части водного баланса, как боковая приточность, осадки на зеркало, приток грунтовых вод. Более того, по длине водотока при каскадном размещении прудов происходит увеличение стока в связи с поступлением фильтрационных вод из выше расположенных прудов [7, 8]. Поэтому рекомендуемый для оценки влияния прудов на сток коэффициент уменьшения стока фактически отражает только влияние заполнения прудов на сток, но не действительное изменение стока на участке пруда. Его значение вычисляется по формуле:

$$R = 1 - \frac{W}{Q_e} = 1 - \frac{W}{W + Q_3} = \frac{Q_3}{Q_e}$$

Таблица. – Регулирование речного стока рек Беларуси искусственными водоемами (в числителе – водохранилища; в знаменателе – пруды)

Параметр	Речной бассейн					В целом по Беларуси
	Западная Двина	Неман (с Вилией)	Западный Буг	Днепр	Припять	
Объем водоемов, млн м ³	<u>1708,96</u> 34,39	<u>313,27</u> 86,97	<u>65,26</u> 40,03	<u>458,80</u> 129,72	<u>585,36</u> 263,29	<u>3131,65</u> 560,4
Годовой объем стока (млн м ³) различной обеспеченности						
50 %	14100	8400	1300	18700	14400	56900
95 %	9000	6400	700	13100	8300	37500
Относительная емкость искусственных водоемов (%) для стока различной обеспеченности						
50 %	<u>12,1</u> 0,2	<u>3,7</u> 1,0	<u>5,0</u> 3,1	<u>2,5</u> 0,7	<u>4,1</u> 1,8	<u>5,5</u> 1,0
95 %	<u>19,0</u> 0,4	<u>4,9</u> 1,4	<u>9,3</u> 5,7	<u>3,5</u> 1,0	<u>7,1</u> 3,2	<u>8,4</u> 1,5
Коэффициент снижения стока в годовом исчислении (%) для различной обеспеченности						
50 %	<u>0,88</u> 0,99	<u>0,96</u> 0,99	<u>0,97</u> 0,98	<u>0,97</u> 0,99	<u>0,95</u> 0,98	<u>0,95</u> 0,99
95 %	<u>0,80</u> 0,99	<u>0,95</u> 0,98	<u>0,96</u> 0,97	<u>0,96</u> 0,98	<u>0,92</u> 0,96	<u>0,91</u> 0,98

где Q_e – объемы естественного стока, млн m^3 ; Q_3 – объемы наблюдаемого зарегулированного стока, млн m^3 ; W – объем ежегодных изъятий из естественного стока, приравненный к общему объему прудов, млн m^3 .

Пруды на некоторых реках изымают из стока менее 1 % в многоводный год и несколько больше – в маловодный.

В ряде верховьев рек Полесья зарегулированность достигает 15–25 % их годового объема стока (верховья рек Птичь, Лань, Случь, Ореса и др.) [9].

Учитывая малую зарегулированность местного стока прудами, можно утверждать, что дальнейшее строительство прудов с сезонным регулированием стока возможно на всей территории Беларуси. Из общего объема среднегодового местного стока – 36,4 км³ в прудах задерживается 0,56 км³ (1,5 %), в водохранилищах – 2,65 км³ (6,7 %). Объем зарегулированного стока в Польше составляет 6,5 %. Если принять во внимание, что на поддержание санитарных расходов в реках, согласно нормам охраны природы, необходимо 12 км³ стока, то фонд искусственных водоемов можно увеличить в несколько раз [8]. Однако суммарная емкость искусственных водоемов в бассейне малой реки не должна превышать 70 % объема годового стока 95 % обеспеченности. При спусках в нижний бьеф в меженный период не допускается повышение уровня воды в реке более чем на 30 см с целью недопущения процесса переработки русла. При этом природоохранный расход в реке должен быть не менее 75–80 % минимального среднемесячного расхода 95%-ной обеспеченности [1, 8].

Влияние прудов на термический режим зарегулированных водотоков невелико. Наши исследования, хотя и ограниченные, показали, что пруды так же как и озера и водохранилища, оказывают охлаждающее влияние на сток в нижнем бьефе в весенний период и отепляющее в летне-осенний на расстоянии 3–5 км.

Ширина зоны влияния на микроклимат невелика и составляет до 50 м, где несколько изменяется влажность и температура воздуха.

Вопрос о влиянии прудов на русловые процессы выше пруда изучен слабо. Представляет интерес обследование р. Кревлянки [10]. Повышение местного базиса эрозии реки привело к отложению наносов выше зоны выклинивания подпора. В реке развивается ленточно-грядовый тип руслового процесса. Скорость движения гряд при приближении к пруду убывает. При впадении поток расплывается и наблюдается русловая многорукавность, где скорость течения воды составляет 0,10–0,15 м/с.

Сопоставление мутности водотока выше и ниже пруда не вскрывает всего механизма удержания прудом поступающих в него взвесей, так как в мутности воды, сбрасываемой из прудов, помимо взвесей основного водотока, участвуют продукты эрозии прилегающих к пруду склонов, продукты абразии берегов, органическое вещество внутриводоемного происхождения и др.

Наши наблюдения, выполненные в летний период, на четырех прудах Беларуси показали, что мут-

ность сбрасываемой из прудов воды была на 60–75 % меньше мутности воды, поступающей в пруд из основного водотока.

Изменение химического состава и минерализации воды на участке пруда прослежено на пруду г. Барановичи. На участке пруда отмечается небольшое увеличение минерализации воды, которая на выходе была на 2–5 % больше по сравнению с ее значением на входе в пруд.

На прудах, расположенных на водоразделах, подтопление наиболее выражено на расстоянии 2–5 м от пруда. При легких грунтах подтапливаются отдельные участки шириной 5 м. При тяжелых грунтах зона подтопления увеличивается до 10 м. На малых водохранилищах ширина подтопления не превышает 10–15 % площади зеркала.

Выводы

В связи с потеплением климата произошло значительное изменение в распределении стока. Сток в летнюю межень очень мал, а на малых водосборах в его высоких частях его распределение еще более неравномерное и зависит от погодных условий. Экологическое обоснование строительства водоемов и их влияния на водосбор должно быть обязательным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирвель, И. И. Благоустройство малых водосборов искусственными водоемами / И. И. Кирвель, П. С. Лопух, В. М. Широков. – Минск : Изд-во БелНИИТИ, 1989. – 61 с.
2. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. центр БГУ, 2002. – 440 с.
3. Кирвель, И. И. Пруды как антропогенные водные объекты, их особенности и режим / И. И. Кирвель. – Минск : БГПУ, 2005. – 234 с.
4. Kirvel, I. Ocena regulacji odpływu rzek Białorusi za pomocą sztucznych zbiorników / I. Kirvel, A. Volchak, M. Kukszynov. – Gdańsk : Wyd-wo Uniw. Gdańskiego, 2014. – S. 212–219.
5. Широков, В. М. Водные ресурсы Белоруссии и пути их использования. Влияние хозяйственной деятельности на природу Белоруссии / В. М. Широков, В. Н. Плужников. – Минск : Изд-во БГУ, 1981. – С. 6–15.
6. Прыткова, М. Я. Гидрологический режим водотоков бассейна р. Томузловки / М. Я. Прыткова // Заиление водохранилища «Волчы Ворота» и цепочек прудов на его водосборе. – М., 1971. – С. 34–76.
7. Прыткова, М. Я. Влияние малых водохранилищ и прудов на гидрологический режим водотоков и прилегающую территорию / М. Я. Прыткова, В. М. Широков // Водные ресурсы. – 1992. – № 5. – С. 138–145.
8. Широков, В. М. Пруды Белоруссии / В. М. Широков, И. И. Кирвель. – Минск : Ураджай, 1987. – 126 с.
9. Вопросы использования и создания водохранилищ в Полесье / В. М. Широков [и др.] // Проблемы Полесья. – Минск, 1983. – Вып. 8. – С. 262–271.
10. Особенности функционирования малых речных систем Беларуси (на примере р. Кревлянка) / Н. А. Шишонок [и др.] // Прикладная лимнология. – Минск, 2002. – Вып. 3. – С. 76–81.

**SMALL RESERVOIRS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT
KIRVEL I., LEVKEVICH V., KIRVEL P.**

Due to climate warming, a significant change in the distribution of runoff has occurred. The runoff to the summer low water is very small, and on small catchments in its high parts its distribution is even more uneven and depends on weather conditions. The environmental justification for the construction of reservoirs and their impact on the catchment should be mandatory.

УДК 502.51

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2020 г.

Л. А. Кириченко, А. А. Волчек

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

В весенний период 2020 г. были изучены гидрохимические и гидроморфологические характеристики некоторых городских водоемов юго-запада Беларуси. Представлены морфометрические исследования водоемов урботерриторий. Установлены закономерности распределения морфометрических характеристик водоемов в пределах изученной территории. Определено, что в весенний период, исходя из гидрохимических показателей, экологическое состояние водоемов хорошее.

Введение

Развитие городов влияет на экологическое состояние водоемов, расположенных в их черте. Экологическое состояние зависит от комплекса факторов (рисунок), важнейшим из которых можно выделить антропогенное влияние. Антропогенное влияние выражается в происхождении водоема, его гидроморфологических характеристиках, вида и источников поступления поллютантов в воды водоемов городов, в степени рекреационной нагрузки, в виде водопользования и др. Это усложняет определение характера экологического статуса водоемов. Следовательно, городские водоемы служат индикаторами экологического состояния среды обитания людей.

Согласно классификации, предложенной П. В. Ивановым (1948 г.), среди водоемов Беларуси по площади преобладают очень малые и малые водоемы (около 90 %) с максимальной глубиной до 5 м [1].

Большинство из них имеют антропогенное или природно-антропогенное происхождение. Эти водоемы не включены в государственную сеть мониторинга экологического состояния водных объектов Беларуси. Поэтому исследование экологического состояния таких водных объектов особо актуально для выявления условий жизнедеятельности людей.

Цель работы – исследование эколого-гидрохимического и гидроморфологического состояния водоемов урбанизированных территорий юго-запада Беларуси в весенний период.

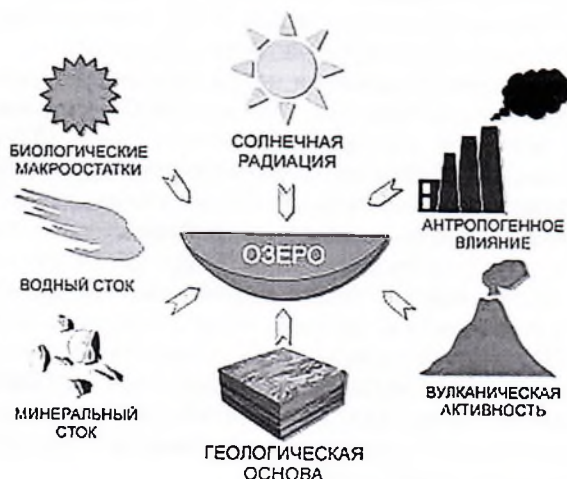


Рисунок. – Факторы, определяющие экологическое состояние водоема

Для ее достижения были определены следующие задачи:

1) изучить гидроморфологические показатели водоемов урботерриторий;

2) исследовать гидрохимические показатели качества воды водоемов урботерриторий в весенний период;

3) определить состояние и основные экологические проблемы исследуемых водоемов в весенний период.

Методика и объекты исследования

Объектом исследования являются водоемы населенных пунктов юго-запада Беларуси, расположенные в районе частной застройки городов в непосредственной близости от автодорог с площадью водного зеркала до 1 км². При планировании точек отбора проб была выделена группа водоемов, схожей антропогенной нагрузкой, где возможна репрезентативная выборка.

Оценка гидроморфологического состояния городских водоемов осуществлялась методами ГИС-картирования и полевыми методами. Проводились натурные исследования водосбора водоемов и их основных морфометрических характеристик: максимальная длина (L), максимальная ширина (B), площадь водного зеркала (A), длина береговой линии (L_b). На основе этих данных рассчитывались показатель удлиненности береговой линии ($L^* = \frac{L}{B}$) и степ-

пень развития береговой линии $\left(S = \frac{L}{2\pi\sqrt{\frac{A}{\pi}}} \right)$ [2].

На основании этих показателей была выполнена первая типизация городских водоемов изучаемого региона и выявлены характерные черты, присущие каждой конкретной группе водоемов.

Отбор проб воды для определения гидрохимических показателей осуществлялся стандартными методами с приповерхностной части водоема с глубины 0,3–0,5 м. Пробы анализировались в течение суток с момента отбора. Анализ воды по гидрохимическим показателям был в соответствии с методами государственного реестра методик химического анализа поверхностных вод суши.

Оценка уровня эколого-гидрохимического состояния городских водоемов проводилась согласно СанПин 2.1.2.12-33-2005, ГН 2.1.5.10-21-2003, ТКП 17.06-17-2018 и ТКП 17.13-21-2015. Исследовали следующие компоненты и показатели: pH (потенци-

Таблица 1. – Гидроморфологические параметры некоторых городских водоемов юго-запада Беларуси

Водоем	Происхождение	Площадь А, км ²	мах длина L, км	мах ширина В, км	Длина береговой линии L _б , км	Степень развития береговой линии L*	Коэффициент удлиненности S
Кобрин	Антропогенное	0,004	0,084	0,024	0,29	3,50	1,29
Жабинка	Антропогенное	0,002	0,064	0,039	0,25	1,64	1,58
г. Брест							
Карьер ул. Васнецова	Антропогенное	0,01	0,156	0,090	0,44	1,73	1,24
Пруд ул. Кирпичная	Природно-антропогенное	0,06	0,535	0,238	1,66	2,25	1,91
Карьер Гершонский	Антропогенное	0,20	0,692	0,319	1,86	3,72	1,17

ометрическим методом), жесткость общая (титриметрическим методом), ХПК (дихроматным методом), растворенный кислород и БПК₅ (скляночным методом), титриметрическим методом содержание ионов HCO₃⁻, содержание Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻ и SO₄²⁻ ионов методом капельного электрофореза, Fe_{общ} (фотометрическим методом), PO₄³⁻ (фотометрическим методом), АПАВ (люминесцентным методом).

Результаты и их обсуждение

Исследуемые урбанизированные водоемы юго-запада Беларуси расположены в районе частной жилой застройки (с относительно невысокой плотностью населения в пределах городской черты). Они характеризуются равнинными водосборами, антропогенным и природно-антропогенным происхождением, питанием за счет грунтовых вод и дренирующими мелиоративных каналов.

Морфометрические характеристики некоторых водоемов юго-запада Беларуси показаны в таблице 1.

Исследуемые водоемы относятся к очень малым (площадь 0,01–0,1 км²), малым (0,1–1,0 км²) водоемам и к водоемам с площадью водного зеркала < 0,01 км² не вошедшим в классификацию.

В результате статистической обработки данных исходя из показателя удлиненности береговой линии L* были определены следующие виды котловин: водоемы, близкие к овальной форме (L* = 3–5) – 2; водоемы, близкие к округлой форме (L* = 1,5–3,0) – 3.

Для выявления экологического состояния воды урбанизированных водоемов определялся индекс загрязнения воды (ИЗВ) по следующим гидрохимическим показателям: рН, БПК₅, ХПК, фосфаты, хлориды и сульфаты.

Исходя из величины ИЗВ водные объекты подразделяются на классы (таблица 2) [3].

ИЗВ рассчитывали по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum(C_{1-6} / \text{ПДК}_{1-6})}{6},$$

где C / ПДК – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация; 6 – строго лимитируемое количество показателей.

Таблица 2. – Классификация качества вод водных объектов в зависимости от ИЗВ

Класс качества воды	Значение ИЗВ	Степень загрязнения воды
I	0,3	Очень чистая вода
II	0,3–1,0	Чистая вода
III	1,0–2,5	Умеренно загрязненная вода
IV	2,5–4,0	Загрязненная вода
V	4,0–6,0	Грязная вода
VI	6,0–10,0	Очень грязная вода
VII	Более 10,0	Чрезвычайно грязная вода

При расчете использовались ПДК для вод хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования.

Содержание основных макроэлементов, биогенных и загрязняющих веществ в воде изучаемых водоемов в рассматриваемых городах приведено в таблице 3 (подчеркиванием выделены значения превышения нормативных показателей).

В исследуемых водоемах рН, растворенный кислород, содержание ионов кальция, гидрокарбонат-ионов, хлоридов, сульфатов, фосфатов (в пересчете на P), анионноактивных СПАВ соответствует нормам для вод в черте населенных пунктов.

Значение содержания ионов магния превышает ПДК во всех водоемах, кроме пруда Мухина яма в г. Жабинка. Бихроматная окисляемость (ХПК) превышает норматив в большинстве водоемов, площадь водного зеркала которых менее 0,01 км², значение биохимического потребления кислорода после 5 суток инкубации (БПК₅) для пруда по ул. Полесской в г. Кобрине превышает нормативные показатели в 1,6 раза. Такие показатели ХПК и БПК₅ свидетельствуют о содержании в воде легкоокисляемых веществ. Концентрация железа общего высокая, превышает ПДК (для питьевых вод) в несколько раз, что характерно для поверхностных вод исследуемого региона.

Полученные значения ИЗВ исследуемых водоемов позволяет отнести к водным объектам со II классом качества воды.

Таблица 3. – Основные гидрохимические показатели качества воды некоторых городских водоемов бассейна юго-запада Беларуси в весенний период 2020 г.

Водоем (место отбора)	Показатель													
	pH	Жесткость, мг-экв/дм ³	ХПК, мг O ₂ /дм ³	Раств. O ₂ , мг O ₂ /дм ³	БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Fe _{общ} , мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	СПАВ анионакт., мг/дм ³	ИЗВ
г. Кобрин														
Пруд ул. Полесская	8,46	11,90	26,43	8,20	4,82	156,57	142,28	58,35	95,85	461,09	0,42	0,0074	< 0,1	0,96
г. Жабинка														
Пруд Мухина яма	7,73	9,40	18,4	8,70	1,29	268,40	152,30	21,88	186,38	307,28	2,5	0,0003	< 0,1	0,63
г. Брест														
Карьер ул. Васнецова	7,86	8,90	27,20	8,08	2,22	225,70	59,45	72,73	40,83	122,88	0,06	0,0013	< 0,1	0,65
Карьер ул. Кирпичная	7,00	10,59	11,23	8,13	1,19	251,63	81,16	79,47	137,56	32,64	0,90	0,0001	< 0,1	0,41
Карьер Гершонский	7,64	7,25	10,43	8,74	0,69	125,05	49,10	58,35	81,65	69,12	0,65	0,0001	< 0,1	0,37
ПДК, норматив	6,5– 8,5	–	15	Не ме- нее 4	1,0-3,0	–	180,0	40,0	300	500	0,3*	0,05	0,5	1

* Для питьевой воды.

Выводы

Исходя из анализа гидроэкологических показателей водоемы, расположенные в районе частной застройки являются очень малыми и маленькими водоемами природно-антропогенного и антропогенного происхождения и относятся к водоемам с чистой водой.

На основе гидрохимических показателей вода в весенний период в водоемах чистая и экологическое состояние ее хорошее.

Превышение показателей ХПК и БПК₅ свидетельствует о наличии в воде большого количества легкоокисляющихся примесей, которые являются питательной средой для развития большинства микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов, Б. П. Природно-хозяйственная классификация озер Беларуси / Б. П. Власов // Выбр. науч. работы БДУ. – Минск, 2001 – С. 315–332.
2. Малоземова, О. В. Морфометрическая характеристика озер в различных ландшафтах востока Ленинградской области / О. В. Малоземова // Изв. Рос. гос. педагог. ун-та им. А. И. Герцена. Сер. Естествознание. – 2012. – № 114. – С. 112–121.
3. Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

**ECOLOGICAL STATE OF URBAN RESERVOIRS OF THE SOUTH-WEST OF BELARUS
IN THE SPRING PERIOD OF 2020
KIRICHENKO L., VOLCHAK A.**

In the spring of 2020, the hydrochemical and hydromorphological characteristics of some urban water bodies in the south-west of Belarus were studied. Morphometric studies of reservoirs of urban areas are presented. The regularities of the distribution of the morphometric characteristics of water bodies within the studied territory are established. It was determined that in the spring, based on hydrochemical indicators, the ecological state of water bodies is good.

УДК 574.4; 631.45; 632.8

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ С ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ В БРЕСТСКОМ РЕГИОНЕ

А. П. Колбас¹, М. А. Пастухова², М. М. Дашкевич², Н. Ю. Колбас¹

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Проведенный анализ субстратов и лизиметрических вытяжек территорий Брестского региона, требующих применения фиторемедиационных мероприятий, свидетельствует о полиэлементном характере их загрязнения. Максимальными коэффициентами аномальности характеризуются почвы территорий промышленных предприятий по переработке аккумуляторных батарей и хранению отходов производства, приусадебные участки и территории, прилегающие к транспортным магистралям.

Введение

Экологическое состояние земель г. Бреста изучается достаточно длительное время. Анализ результатов исследований почв городов, проведенный в 1995 г. [1], показал, что суммарное загрязнение почв города тяжелыми металлами (ТМ) достигало показателя равного 7,6. Установлено, что приоритетным загрязнителем являлся свинец. Первое комплексное исследование техногенных почв на территориях промышленных предприятий в г. Бресте и Брестском районе на содержание ТМ было проведено в 2004 г. «БелНИЦ Экология» [2]. Приоритетными загрязнителями среди металлов являлись Zn, Pb, Cu, Ni. Обобщенный показатель Z_c промышленных площадок предприятий г. Бреста в 2004 г. был равен 8,18. Среди обследованных площадок максимальным превышением ПДК по ТМ характеризуются территории полигонов депонирования остатков фильтрации сточных вод ($Z_c = 50$) и территории с высокой транспортной нагрузкой ($Z_c = 79$) [2].

Наиболее актуальная комплексная работа по изучению загрязнения почв ТМ в г. Бресте проведена Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси в 2017–2019 гг. [3]. В ходе ее были определены основные факторы загрязнения ТМ почв города, ведущими из которых являются автомобильный и железнодорожный транспорт, а также предприятия теплоэнергетики. Установлены зоны наибольшего загрязнения почв, которые в основном приурочены к автомобильным и железным дорогам с интенсивным движением, где формируются линейно-ленточные ореолы загрязнения.

Таким образом, участки химического загрязнения почв ТМ в г. Бресте и регионе приурочены к автомобильным и железнодорожным магистралям, ареалам воздействия промышленных предприятий, полигонам депонирования остатков фильтрации сточных вод и ТКО, а также сельскохозяйственным угодьям, где используются средства химизации, что подтверждает общую тенденцию по стране [4]. Приблизительно 30–35 % городских почв нуждаются в перспективе в экологическом восстановлении, из них треть – в близкосрочной перспективе.

Цель работы – определение уровней и особенностей накопления ТМ в почвах региона с потенциальными экологическими рисками: территории

промышленных предприятий, в эмиссиях которых присутствуют ТМ; территории полигонов депонирования остатков фильтрации сточных вод и ТКО; приусадебные участки в черте города Бреста; придорожные территории, прилегающие к крупным железнодорожным и автомобильным магистралям.

Методика и объекты исследования

Анализ доступной информации и предварительные исследования показали, что для реализации стратегий фиторемедиации почв с полиэлементным загрязнением в Брестском регионе перспективны следующие территории: 1) промышленных предприятий по переработке аккумуляторных батарей и хранению отходов производства: ООО «Белинвестторгсплав» (г. Белоозерск); территория хранения отходов данного предприятия (пос. Зеленый бор, Ивацевичский район), а также прилегающие территории, попадающие в ареалы техногенного воздействия (ПП); 2) полигонов депонирования остатков фильтрации сточных вод КУПП «Водоканал» (ПД); 3) городского полигона (после рекультивации) твердых бытовых отходов в районе форта Литеры «3» (ПР); 4) приусадебные участки в черте г. Бреста (ул. Суворова, Базанова, Летная) (ПУ); 5) придорожные территории, прилегающие к крупным железнодорожным и автомобильным магистралям в районе Западного обхода (ПТ); 6) опытные поля учебных и научных учреждений ГУО «Брестский областной центр туризма и краеведения детей и молодежи» и УО «БрГУ имени А. С. Пушкина» (ОП).

Таким образом, было отобрано 17 потенциальных участков, а также 2 техногенных субстрата (зола свинцовая), способствующих полиэлементному загрязнению почв. Для определения экологических рисков загрязненных почв, субстратов и их вытяжек анализировали валовое содержание ТМ (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Mn, Fe, Co, Cr) и содержание ТМ в вытяжках (получены микролизиметрами Rhizon-MOM, Нидерланды).

Руководствуясь разработанными подходами, на всех участках были отобраны почвы или техногенные субстраты (методом конверта). Пробы почв анализировали на валовое содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе SOLAAR MkII M6 DoubleBeam AAS.

При расчетах коэффициента концентрации (Kc) или аномальности, представляющего собой отно-

шение содержания элемента в исследуемом образце к его фоновому содержанию, использовали следующие значения концентраций приоритетных ТМ в почвах юго-запада Беларуси (субрегиональный фон в мг/кг): Pb – 5,39; Cd – 0,09; Cu – 1,29; Zn – 7,43; Mn – 109,6; Ni – 0,66; Co – 0,45; Cr – 1,85 [4]. Рассчитываемый нами суммарный индекс загрязнения учитывал содержание Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Mn. Значение Z_c от 1 до 5 соответствует низкой степени загрязнения, от 5,1 до 20 – средней, от 20,1 до 50 – высокой, более 50 – очень высокой [5].

Результаты и их обсуждение

Анализ валового содержания ТМ в субстратах относительно ПДК показал, что максимальные превышения характерны по большинству анализируемых ТМ для золы свинцовой (более 1000 ПДК по Pb и Cd) и твердых остатков фильтрации с полей депонирования (более 100 ПДК по меди и цинку), что позволяет отнести их к весьма опасным субстратам (таблица). Превышения ПДК в почвах выявлены на промышленных площадках (ПП-1: Pb – 7,55; Cd – 2,98 ПДК; ПП-3: Pb – 15,8; Cd – 2,1; Ni – 2,1 ПДК), некоторых приусадебных участках (ПУ-1: Zn – 6,6; ПУ-2: Zn – 3,4; Pb – 1,7) и придорожных территориях (ПТ-3: Zn – 3,3).

Анализ коэффициента аномальности (Ka) по отдельным элементам показал значительное превышение фоновых значений у большинства ТМ на предварительно отобранных участках, что подтверждает полиэлементный характер их загрязнения (рисунки 1, 2).

В целом для всех промышленных участков характерно значительное превышение по большинству анализируемых ТМ (преобладают Pb, Ni, Cu, исключение Mn), а в городской черте характерна тенденция, отмеченная ранее [4], к накоплению Zn, Cu, Pb (рисунок 1). Причем в токсичных техногенных субстратах различного происхождения выявлена специализация по ТМ в порядке убывания Ka для золы свинцовой (Pb > Cd > Cu), а для остатков фильтрации сточных вод (Cu > Ni > Zn) (рисунок 2). Также на городских стационарах было отмечено, что содержание марганца зачастую ниже фоновое.

Анализ суммарного индекса загрязнения (Z_c) показал, что пробные площадки можно группировать по уровню загрязненности, что важно для планирования последующих фиторемедиационных мероприятий. Так, к территориям с очень высокой степенью загрязнения относится полигон с твердыми остатками фильтрации ПД-1 и ПД-2 ($Z_c = 1321$). К территориям с высокой степенью загрязнения можно отнести участки ПП-3 и ПП-4 (37 и 23 соответственно).

К территориям со средней степенью загрязнения относится большинство участков, ранжированных в зависимости от Z_c :

ПП-1 (19,2) > ПУ-1 (16,1) > ПУ-2 (15) > ПТ-3 (9,9) > ОП-2 (6,2) > ОП-1 (5,8).

К участкам с низкой степенью загрязнения, которые можно использовать в качестве условно чистого контроля, относятся территории ПП-2 ($Z_c = 1,8$) (лесные насаждения), ПТ-1 ($Z_c = 2,61$) (придорожные зеленые насаждения), ПУ-3 ($Z_c = 1,64$) (приусадебный участок вне зоны действия транспортных эмиссий).

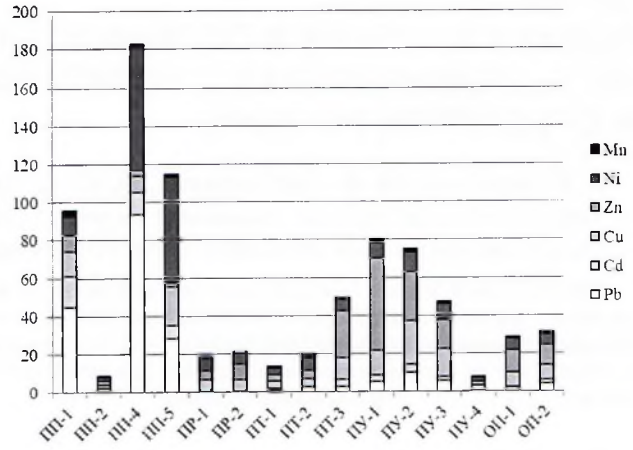


Рисунок 1. – Коэффициент аномальности (Ka) по отдельным элементам в почвах на экспериментальных территориях

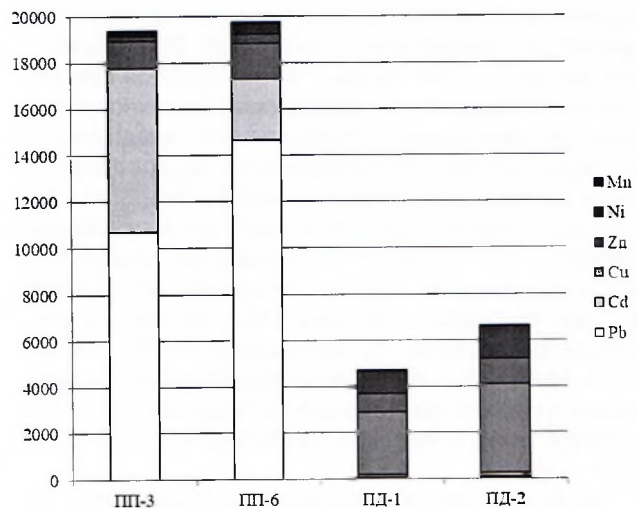


Рисунок 2. – Коэффициент аномальности (Ka) по отдельным элементам в техногенных субстратах

Таблица. – Содержание ТМ в почвах и субстратах относительно ПДК, суммарный индекс загрязнения (Z_c)

Код	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn
ПП-1	7,6	3,0	0,5	1,2	0,3	0,2
ПП-2	0,4	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0
ПП-3	1800,4	1276,4	44,6	32,8	6,0	1,5
ПП-4	15,8	2,1	0,3	0,4	2,1	0,1
ПП-5	4,8	1,3	0,8	0,3	1,8	0,1
ПП-6	2465,6	474,4	60,8	51,5	16,2	0,7
ПД-1	12,6	20,9	105,3	110,3	32,6	0,3
ПД-2	11,8	33,0	151,1	145,3	46,4	0,4
ПР-1	0,2	0,0	0,2	0,6	0,2	0,0
ПР-2	0,1	0,0	0,2	1,1	0,2	0,0
ПТ-1	0,3	0,0	0,2	0,5	0,1	0,1
ПТ-2	0,5	0,0	0,2	0,6	0,2	0,1
ПТ-3	0,5	0,6	0,5	3,3	0,2	0,1

Окончание таблицы

Код	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn
ПУ-1	0,9	0,6	0,5	6,6	0,3	0,2
ПУ-2	1,7	0,8	0,9	3,4	0,3	0,1
ПУ-3	1,0	0,4	0,6	2,0	0,3	0,1
ПУ-4	0,2	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1
ОП-1	0,4	0,0	0,3	1,6	0,2	0,1
ОП-2	0,7	0,3	0,3	1,4	0,2	0,1
ПДК	32	0,5	33	55	20	1500

Почвогрунты, отобранные на полигоне ТБО, отличаются низким содержанием ТМ ($Z_c < 5$), вследствие значительной мощности (80–100 см) рекультивационного песчаного слоя, а также высокой пространственной пестроты распределения из-за повторного несанкционированного внесения твердых отходов. Ввиду невозможности применения фиторемедиационных мероприятий на данной территории они были исключены из дальнейших исследований.

Выводы. Территории, задействованные в фиторемедиационных исследованиях, характеризуются не только разным происхождением контаминантов, но и различным уровнем их содержания. Отобранные почвы были подвергнуты более детальному физико-химическому и биоиндикационному анализу.

THE LEVEL AND FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN SOIL WITH POLYELEMENT CONTAMINATION IN BREST REGION KOLBAS A., PASTUKHOVA M., DASHKEVICH M., KOLBAS N.

The territories requiring the use of phytoremediation measures have been identified. The analysis of substrates and lysimetric extracts indicates the polyelement nature of the contamination. The maximum anomaly coefficients are characterized by the soils of the territory of industrial enterprises for the processing of rechargeable batteries and the storage of production waste, household plots and territories gravitating to highways.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние и проблемы эколого-геохимических исследований городов Беларуси / В. С. Хомич [и др.] // Природные ресурсы. – 1999. – № 1. – С. 135–144.
2. Территориальная схема охраны окружающей среды г. Бреста и Брестского района : Отчет о НИР (заключ.) / Белорус. науч.-исслед. центр экологии учр. «БелНИЦ Экология» ; рук. В. М. Феденя ; исполн. Г. И. Глазачева. – Минск, 2004. – № ГР 20041104. – 64 с.
3. Г. Н. 20180040. Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и огородных культур в урболандшафтах г. Бреста и разработка рекомендаций по снижению соответствующих рисков / Полес. аграр.-экол. ин-т НАН Беларуси. – ГРНТИ: 87.15.09
4. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2017 год: локальный мониторинг [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://www.nsmos.by/uploads/archive/Sborniki/11%20LOCAL%20Monitoring%202017.pdf>. – Дата доступа: 20.01.2020.
5. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами : ТКП 17.03-02-2013. – Введ. 29.11.2013. – Минск : М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2013. – 12 с.

УДК 574.4:631.45:632.8:582.52

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *TRIFOLIUM PRATENSE* L. В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н. Ю. Колбас, И. Н. Яковук, М. С. Василевский, А. А. Плинда, А. П. Колбас

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Изучено изменение содержания фотосинтетических пигментов, активности каталазы и антирадикальной активности (тест ABTS) растений клевера лугового при выращивании на 11 субстратах загрязненных тяжелыми металлами. Экотоксикологический ответ растений клевера проявляется в повышении содержания хлорофилла *a* и антирадикальной активности, в снижении активности каталазы, содержания хлорофилла *b* и каротиноидов.

Введение

Поступающие в растения поллютанты способны вызывать физиолого-биохимические нарушения, среди которых изменение содержания фотосинтетических пигментов, перекисное окисление липидов и, как следствие, изменение активности компонентов антиоксидантной защиты. Необходимым условием выживания растений при антропогенном загрязнении является поддержание окислительно-восстановительного равновесия в клетках [1, 2].

Цель работы – оценить физиолого-биохимические параметры растений клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) при выращивании на почвах с повышенным содержанием тяжелых металлов в условиях лабораторного опыта.

Методика и объекты исследования

Исследование проводили для 11 субстратов, предоставленных Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси. Образцы были закодированы и разделены на группы: 1) субстраты техногенномодифицированные промышленные (ПП-1, ПП-2, ПП-4, ПП-5); 2) субстраты полигонов депонирования остатков фильтрации сточных вод (ПД-2, ПР-1); 3) почвы придорожных территорий (ПТ-1, ПТ-2); 4) почвы техногенномодифицированные сельскохозяйственные (ПУ-1, ПУ-3, ПУ-4). Условным контролем был выбран образец ПУ-4, который близок по механическому составу к большинству загрязненных почв, а содержание потенциально токсичных элементов в нем не превышает региональный фон.

В качестве тест-объекта использовали растения клевера лугового. Семена (по 50 шт.) были высеяны в горшки (0,6 л) и помещены в климатизированную комнату (Центр экологии) со следующими условиями: световой режим – 14 ч освещения с интенсивностью 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (фитолампы), температура – 22–25 °С, относительная влажность воздуха – 65 % (ISO 2005). Горшки были расставлены в случайном порядке и их местоположение менялось ежедневно. Растения были собраны после месяца роста на стадии полного формирования первых настоящих листьев (не менее 80 % от выживших растений).

Определение хлорофилла и каротиноидов проводили согласно общепринятой методике [3]. Содержание пигментов в вытяжках определяли спектрофотометрически, при длинах волн 663, 646 и 470 нм. Расчет концентраций хлорофилла *a* (Хл *a*) и хлорофилла *b* (Хл *b*) вели по формуле Вернера, каротиноидов – по формуле Веттштейна [4].

Антирадикальную активность оценивали методом ABTS, который ранее апробирован на других фиторемидиационных культурах [5]. Для извлечения антиоксидантов из растительного сырья и поддержания их стабильности использовали фосфатный буфер (75 мМ, рН = 7,4) в соответствии с методикой, описанной нами ранее [5]. При проведении анализа к 3 мл рабочего раствора ABTS^{•+} (абсорбция 0,70 ± 0,02 при $\lambda = 734$ нм [6]) добавляли 100 мкл супернатанта и инкубировали 10 мин при температуре 22–25 °С. Изменение оптической плотности (A_E) смеси регистрировали при $\lambda = 734$ нм. Контрольное измерение (A_B) проводили при тех же условиях, но в качестве образца использовали буферный раствор. Антирадикальную активность рассчитывали как ингибирование ABTS^{•+} (в %) по формуле представленной ранее [5].

Активность каталазы определяли по методу М. А. Королюк [7], основанному на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс. Активность каталазы (в мкат/г растительного материала) рассчитывали согласно рекомендациям [8, с. 182].

Спектрофотометрические измерения проводили на спектрофотометре Proscan MC 122 (СООО «Проскан специальные инструменты», Республика Беларусь) на базе кафедры химии БрГУ имени А. С. Пушкина. Все опыты выполнены в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Наибольший процент (от 94,53 до 90,3) растений со сформированными первыми листьями были в почвенных образцах ПП-4, ПУ-4, ПТ-2 и ПП-5, наименьший (66,57 и 69,2) – в ПД-2 и ПП-1 (рисунок 1). Засохшие растения не выявлены для почвенных образцов ПП-4 и ПУ-4 (условный контроль).

Содержание Хл *a* в исследуемом растительном материале варьировалось от 0,368 до 0,955 мг/г сырой навески, Хл *b* – от 0,127 до 0,289 мг/г. Меньше всего Хл *a* и Хл *b* содержат растения, выращенные на образцах ПД-2 (соответственно 0,368 и 0,127) и ПП-2 (соответственно 0,59 и 0,185). Растения клевера, выращенные на условно чистой почве (ПУ-4) содержат 0,872 мг/г Хл *a* и 0,28 мг/г Хл *b*. Содержание хлорофилла – наиболее индикативный признак загрязненности почвы. Так, растения почвенного образца ПД-2 содержат в 2,4 раза меньше Хл *a* и в 2,2 раза – Хл *b* по сравнению с условным

контролем, а растения образцов ПП-1, ПП-2 и ПТ-1 – в 1,5–1,2 раза меньше как Хл *a*, так и Хл *b* (рисунок 2).

Содержание каротиноидов среди других пигментов было наименьшим и составило 0,002–0,036 мг/г сырого растительного материала. Изученные почвенные образцы можно расположить в порядке снижения содержания каротиноидов в растениях следующим образом: ПУ-1 > ПП-2 > ПР-1 > ПУ-3 > ПТ-2 ≈ ПП-4 ≈ ПД-2 > ПТ-1 > ПП-5 > ПП-1 > ПУ-4 (рисунок 2).

Активность каталазы варьировала от 0,4 до 1,34 микроката/г сырого растительного материала и снижалась для почв в последовательности: ПР-1 > ПП-2 > ПУ-4 ≈ ПТ-2 > ПУ-1 ≈ ПУ-3 > ПП-1 ≈ ПД-2 > ПП-4 > ПТ-1 > ПП-5 (рисунок 3). Растения 4 почвенных образцов (ПП-5, ПП-4, ПТ-1 и ПД-2) проявили более низкую каталазную активность по сравнению

с растениями условного контроля (ПУ-4). Снижение активности каталазы составило соответственно 1,2; 1,9; 2,5 и 2,6 раза.

Антирадикальная активность составила 17,12–28,09 % и достоверное отличие параметра от условного контроля было у образцов ПП-1, ПП-5, ПД-2, ПТ-2 и ПУ-1 (рисунок 4). Изученные почвенные образцы в зависимости от значений параметра растений клевера можно расположить в последовательности: ПП-1 > ПД-2 > ПТ-2 ≈ ПУ-1 > ПП-5 > ПУ-3 > ПТ-1 > ПП-2 ≈ ПР-1 > ПУ-4 > ПП-4.

Необходимо отметить, что в эксперименте фитотестирования почв и субстратов корреляционная связь между антирадикальной (тест АВТС) и каталазной активностями растений клевера не установлена.

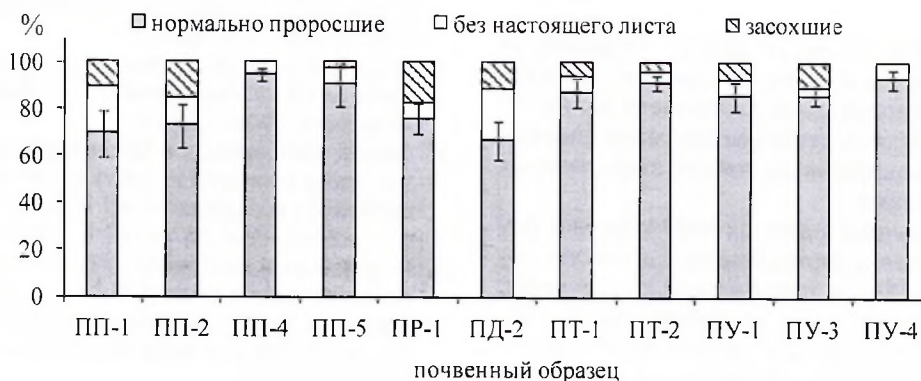


Рисунок 1. – Групповая структура проросших растений клевера лугового

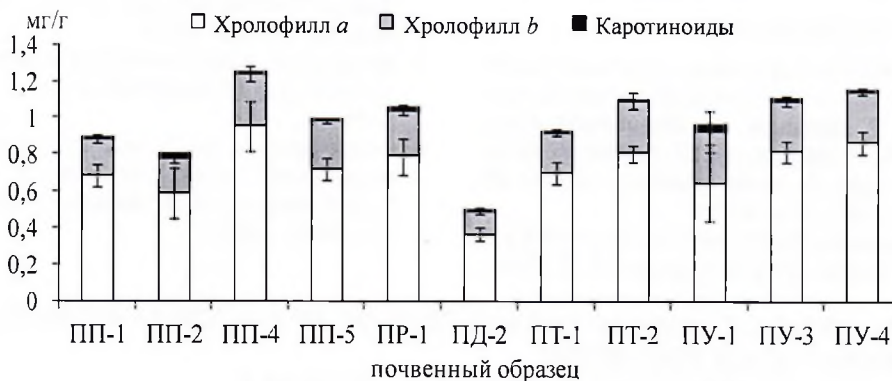
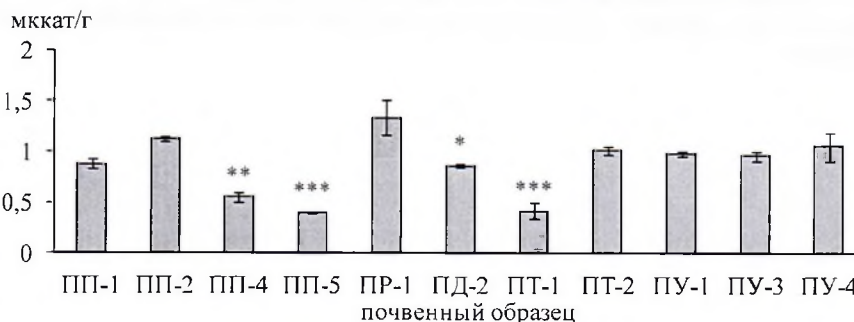
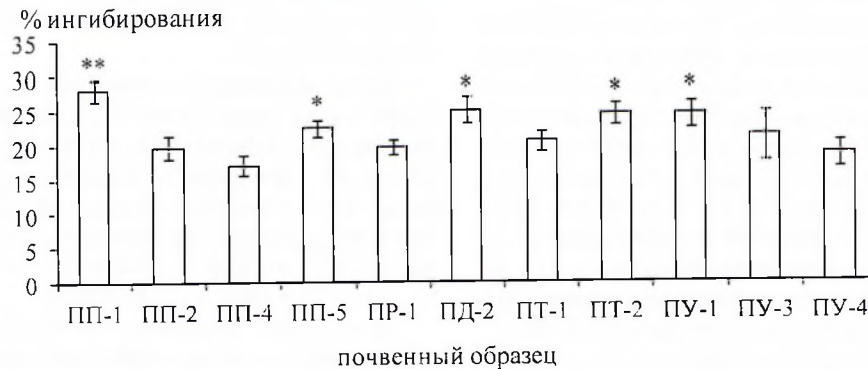


Рисунок 2. – Содержание пигментов в растениях клевера лугового



* При $0,01 \leq p < 0,05$; ** при $0,001 \leq p < 0,01$; *** отличие достоверно от образца ПУ-4 при уровне значимости (p) менее 0,001.

Рисунок 3. – Активность каталазы растений клевера лугового



* При $0,01 \leq p < 0,05$; ** отличие достоверно от образца ПУ-4 при уровне значимости $0,001 \leq p < 0,01$.

Рисунок 4. – Антирадикальная активность (тест ABTS) клевера лугового

Выводы

Снижение активности каталазы, содержания Хл *b* и каротиноидов, а также повышение содержания Хл *a* и антирадикальной активности являются экотоксикологическими ответами растений клевера лугового при выращивании на почвах, загрязненных тяжелыми металлами.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка фитоиндикационного и фиторемедиационного потенциала растений в лабораторных условиях. Разработка технологий и рекомендаций по восстановлению загрязненных территорий» проекта БРФФИ № X19Б-003 «Фиторемедиация почв в условиях полиэлементного загрязнения территории тяжелыми металлами».

ЛИТЕРАТУРА

1. Колбас, А. П. Использование эндофитных бактерий для улучшения фитоэкстракции меди подсолнечником: 2. Влияние на физиологические параметры / А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2017. – № 1. – С. 26–34.
2. Активность каталазы травянистых растений в условиях загрязнения городской среды / А. С. Петухов [и др.] // Самарский научный вестн. – 2019. – Т. 8, № 1 (26). – С. 90–95.

3. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – М. : Академия, 2006. – 256 с.
4. Copper phytoextraction tandem with oilseed production using commercial cultivars and mutant lines of sunflower / A. Kolbas [et al.] // Int. J. Phytoremediation. – 2011. – Vol. 13, suppl. 1. – P. 55–76.
5. Morphological and functional responses of a sunflower metal-tolerant mutant line to a copper-contaminated soil series / A. Kolbas [et al.] // Environmental Sci. and Pollution Research. – 2018. – Vol. 5, is. 17. – P. 16686–16701.
6. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // Free Radical Biology and Medicine. – 1999. – Vol. 26, № 9/10. – P. 1231–1237.
7. Метод определения активности каталазы / М. А. Королук [и др.] // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.
8. Современные проблемы биохимии. Методы исследований : учеб. пособие / Е. В. Барковский [и др.] ; под ред. А. А. Чиркина. – Минск : Вышэйш. шк., 2013. – 491 с.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *TRIFOLIUM PRATENSE* L. IN TRACE ELEMENTS SOILS POLLUTION KOLBAS N., YAKAVUK I., VASILEVSKI M., PLINDA A., KOLBAS A.

A change in the content of photosynthetic pigments, catalase activity and antiradical activity (ABTS test) of red clover plants when grown on 11 substrates contaminated with trace elements is presented in this article. An increase in chlorophyll *a* content and antiradical activity, a decrease catalase activity, chlorophyll *b* and carotenoids content are ecotoxicological responses of red clover plants.

УДК 338.3:502.131.1:631.6

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В. В. Конончук, А. В. Сорока, А. Н. Гапонюк, Н. Н. Костюченко

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Рассматриваются методологические и прикладные аспекты оценки экологической устойчивости мелиорированных территорий на основе методов эконометрического моделирования. Проведена оценка количественных взаимосвязей между различными типами почв и экологической устойчивостью мелиорированных территорий.

Введение

В настоящее время весьма актуальной является проблема повышения экологической устойчивости агроландшафтов, адаптации сельского хозяйства к местным природным условиям. Под экологической устойчивостью понимают способность экологической системы сохранять свою структуру и функции в процессе воздействия внутренних и внешних факторов.

Естественные ландшафты отличаются устойчивостью благодаря наличию сложных и взаимосвязанных экосистем. Вследствие антропогенного воздействия агроландшафты значительно упрощаются, в результате чего нарушается равновесие и взаимосвязь среды растительного и животного мира, что ведет к снижению их устойчивости [1–3].

В агроландшафтах выделяют стабилизирующие и дестабилизирующие (нарушающие равновесие) компоненты. К стабилизирующим относят лесные земли, сенокосы, пастбища (при условии скармливания не более 10 % кормов), посевы многолетних трав, болота, водные объекты и др. К дестабилизирующим относят пахотные земли под зерновыми, пропашными и техническими культурами, дороги, застроенные территории [4–7].

Повышение экологической устойчивости агроландшафтов предполагает оптимизацию структуры сельскохозяйственных угодий путем уменьшения площадей дестабилизирующих составляющих и увеличения доли средостабилизирующих.

Результаты и их обсуждение

Цель исследования – установление количественных зависимостей между различными типами почв и экологической устойчивостью мелиорированных территорий. Объектом исследований являлись почвы мелиорированных территорий Брестской области.

Авторами Э. Гайссе, И. Рыбарски и Ф. Швекла разработана методика оценки влияния структуры состава земельных угодий на уровень территориальной сбалансированности с помощью предложенных коэффициентов экологической стабиль-

ности [8]. Коэффициент рассчитывается путем отношения суммы площадей угодий с учетом коэффициентов экологической стабильности угодий определенного вида и коэффициента морфологической стабильности рельефа на общую площадь сельскохозяйственных земель. Значение коэффициента экологической стабильности равное 0,33 и менее свидетельствует, что территория экологически нестабильна, со значениями 0,34–0,50 – неустойчиво стабильна, 0,51–0,66 – территория средней стабильности, 0,67 и выше – является экологически стабильной. Использование данной методики в различных областях наук определяется высоким уровнем репрезентативности конечных результатов, доступности и простоты расчета необходимых показателей [7, 9, 10].

В исследуемом регионе на мелиорированных территориях преобладают дерново-подзолистые заболоченные, дерновые и торфяные почвы. Для оценки экологической устойчивости агроландшафтов на основе расчета коэффициентов экологической стабильности использованы сводные экспликации земель сельскохозяйственного назначения районов Брестской области, предоставленные управлением землеустройства Брестского облисполкома.

Выявить тенденции и закономерности между различными явлениями и процессами позволяют статистические группировки. С этой целью, по совокупности административных районов Брестской области, нами построена статистическая группировка зависимости коэффициента экологической стабильности и удельного веса типов почв, преобладающих сельскохозяйственных угодий на мелиорированных территориях (таблица).

Анализ таблицы показывает, что больший коэффициент экологической стабильности характерен для сельскохозяйственных угодий на мелиорированных территориях Брестской области с преобладанием дерновых и торфяных почв. В целом наибольший удельный вес в структуре земельных угодий занимают дерново-подзолистые почвы.

Таблица. – Группировка административных районов Брестской области по коэффициенту экологической стабильности мелиорированных территорий

Группы районов по коэффициенту экологической стабильности	Количество районов в группе	Удельный вес группы районов, %	Коэффициент экологической стабильности	Удельный вес по типам почв, %		
				Дерново-подзолистые	Дерновые	Торфяные
До 0,33 (экологически нестабильные)	7	43,8	0,29	29,4	19,6	12,1
0,34–0,50 (неустойчиво стабильные)	9	56,2	0,38	25,0	32,1	22,7
В среднем	–	–	0,34	27,0	26,6	18,1

Однако изложенное выше позволяет выявить общие, главные тенденции и закономерности в явлениях и процессах в изменении коэффициента экологической стабильности и наличия различных типов почв. Наиболее же актуальным является получение точных количественных данных о происходящих изменениях в формировании коэффициента экологической устойчивости. Полученные выводы и результаты не дают ответа на вопрос: на сколько единиц изменится коэффициент экологической стабильности при изменении влияющих на него факторов на единицу. Точно такие выводы и характеристики можно получить на основе построения системы эконометрических моделей. В связи с этим для установления зависимостей и влияния сельскохозяйственных угодий на различных типах почв на экологическую устойчивость территорий использованы методы эконометрического моделирования. Для эконометрического анализа и моделирования использованы статистические за ряд лет опытные данные о типах почв Брестской области, а также рассчитанные коэффициенты экологической стабильности в разрезе административных районов.

Главной целью эконометрического анализа и моделирования явилось определение количественных взаимосвязей между различными типами почв и экологической устойчивостью территорий. При этом ключевыми (главными) признаками (факторами) в эконометрическом моделировании являлись различные типы почв: дерново-подзолистые, дерновые и торфяные.

Для получения достоверных результатов исходная статистическая информация была проверена на достоверность и мультиколлинеарность – линейная взаимосвязь факторов модели. Все мультиколлинеарные факторы были исключены для обеспечения высокой достоверности полученных данных. С целью обеспечения достоверности результатов эконометрического моделирования информация проверена на соответствие требованиям закона нормального распределения по показателям ассиметрии и эксцесса.

Для анализа и прогнозирования коэффициентов экологической стабильности территорий можно использовать систему эконометрических моделей вида:

$$Y_x^m = a_0^m + \sum_{i \in I_0} a_i^m x_i^m, m \in M_0,$$

где Y_x^m – значение результативного показателя m ; a_0^m – свободный член результативного показателя m ; a_i^m – параметр модели при факторе i в модели формирования результативного показателя m ; x_i^m – величина фактора i в модели формирования результативного показателя m ; i – номер фактора; I_0 – множество факторов; m – номер показателя; M_0 – множество показателей.

Изложенные положения были реализованы при построении системы эконометрических моделей на основе статистических (опытных) данных по оценке влияния различных типов почв на экологическую устойчивость. Эконометрическая модель форми-

рования коэффициента экологической стабильности мелиорированных территорий в условиях Брестской области имеет вид:

$$Y_x = 0,2172 - 0,000526x_1 + 0,00299x_2 + 0,0031x_3,$$

$$R = 0,7985, D = 0,6376, F_1 = 7,037, t_{aj} = [3,08 - 3,26],$$

где Y_x – коэффициент экологической стабильности; x_1 – удельный вес дерново-подзолистых почв, %; x_2 – удельный вес дерновых почв, %; x_3 – удельный вес торфяных почв, %.

Построенные эконометрические модели имеют устойчивые высокие статистические характеристики (R, D, F_1, t_{aj}), что свидетельствует о достоверности и адекватности модели реальным условиям.

Тенденции и закономерности влияния удельного веса различных типов почв на экологическую устойчивость территорий характеризуют параметры эконометрических моделей при факторах. Анализ параметров модели при факторах свидетельствует, что в условиях Брестской области на показатель (коэффициент) экологической стабильности главным образом положительное и значительное влияние оказывают удельный вес дерново-подзолистых заболоченных почв, отрицательное – увеличение в структуре почв исследуемого региона дерновых и торфяных почв.

Результаты эконометрического моделирования можно использовать не только для анализа, но и для прогнозирования коэффициента экологической стабильности в интервале от минимальных до максимальных значений опытных данных.

Выводы

1. Моделирование экологической устойчивости мелиорированных территорий позволяет количественно оценить влияние структуры различных типов почв на коэффициент экологической стабильности сельскохозяйственных угодий.

2. Использование построенных эконометрических моделей позволяет осуществить достоверный прогноз коэффициентов экологической стабильности и на других территориях, а также будет способствовать стабилизации и устойчивому использованию земельных ресурсов в регионе, развитию регионального АПК в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов, И. А. Повышение устойчивости агроландшафтов к засухам и эрозии почв / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова // Поволжский экологический журнал. – 2002. – № 3. – С. 277–287.
2. Реймерс, Н. Ф. Природопользование / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
3. Крюкова, Н. А. Конструирование экологически устойчивых агроландшафтов в условиях деградации земель / Н. А. Крюкова // Вестн. Воронеж. гос. аграр. ун-та. – 2011. – № 1 (28). – С. 166–172.
4. Одум, Ю. Основы экологии: пер. с англ. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
5. Татаринцев, В. Л. Оптимизация структуры агроландшафтов и посевных площадей в Алтайской Кулунде / В. Л. Татаринцев [и др.] // Вестн. Алтайс. гос. аграр. ун-та. – 2017. – № 10 (156). – С. 43–49.

6. Бусько, Е. Г. Планирование и управление природопользованием / Е. Г. Бусько, А. А. Волчек, Л. В. Образцов. – Минск : БГУ, 2004. – 230 с.
7. Колтунов, Н. М. Эколого-ландшафтная организация территории / Н. М. Колтунов. – М., 1998. – 127 с.
8. Волков, С. Н. Землеустройство / С. Н. Волков. – М. : Колос, 2001. – Т. 2 : Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. – 648 с.
9. Черныш, А. Ф. оценка экологической сбалансированности структуры земельного фонда в эрозионных и заболоченных агроландшафтах центральной почвенно-экологической провинции Беларуси / А. Ф. Черныш, А. Э. Радюк, С. А. Касьянчик // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 7–15.
10. Орлова, И. В. Оценка уровня экологической сбалансированности структуры земельных угодий аграрно-развитых регионов Западной Сибири / И. В. Орлова // Изв. Самар. науч. центра Рос. академии наук. – 2013. – Т. 15, № 33. – С. 1003–1007.

ECONOMETRIC MODELING OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF RECLAIMED TERRITORIES

KONONCHUK V., SOROKA A., GAPANIUK A., KOSTSIUCHENKO N.

Methodological and applied aspects of environmental sustainability assessment of reclaimed territories based on econometric modeling methods are considered. The quantitative relationships between different types of soil and the environmental sustainability of reclaimed territories were evaluated.

УДК 572:913:314.17

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НАСЕЛЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ – АНАЛИЗ ПРИЧИН, ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ

К. К. Красовский¹, С. В. Корженевич²

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

²Пинский колледж УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Пинск, Республика Беларусь

Рассматриваются трансформационные процессы населения в западной части региона Припятского Полесья. Авторы раскрывают особенности проведения осушительной мелиорации, рассматривают радиационное загрязнение территории, анализируют последствия функционирования военного полигона в Столинском районе. Даны краткие сведения о трансформации социально-демографической ситуации в регионе, связанные в том числе и с данными проблемами; прогноз дальнейшего социально-экономического развития Лунинецкого, Пинского и Столинского районов как составных частей региона Припятского Полесья.

Введение

Выделение Припятского Полесья как региона опирается на интегральное природно-хозяйственное районирование, в котором за основу принимается физико-географическое районирование и по выделенным таксонам характеризуется хозяйство. Смысл такого районирования – показать связь производства и населения с природными условиями и размещением природных ресурсов. Располагаясь в большей степени на территории Брестской и Гомельской областей, регион является достаточно неоднородным в социально-демографическом развитии [1, с. 110]. Западные районы Припятского Полесья (Лунинецкий, Пинский, Столинский) занимают 9353,9 тыс. кв. км, что составляет более 40 % площади. В городах региона, таких как Микашевичи, Лунинец, Пинск, Столин, в 2019 г. был зафиксирован естественный прирост населения, что свидетельствует о достаточно стабильной социально-демографической обстановке [2, с. 5–6]. В данных административных районах в последние годы фиксировались либо процессы репопуляции, либо наблюдались невысокие показатели депопуляции населения. В связи с этим рассмотрение западной части Припятского Полесья, районы которого объединяют многие социально-экономические характеристики (близость производственных структур, историческая составляющая, экологические и демографические проблемы, национальный и религиозный состав), будет способствовать комплексному изучению пространства региона.

Результаты и их обсуждение

Анализ динамики социально-демографических процессов в Припятском Полесье за последние десятилетия свидетельствует о том, что причинами трансформационных процессов населения являются не только изменения в социально-экономической системе, но и значительное антропогенное воздействие на регион, которое в той или иной степени оказало влияние на его развитие (рисунок). В связи с этим можно выделить причины как регионального характера (последствия осушительной мелиорации, загрязнение территории радионуклидами), так и локального (функционирование военного полигона в Столинском районе). Относительная независи-

мость данных процессов требует более детального их рассмотрения.

Мелиоративные работы на территории Белорусского Полесья начали проводиться во второй половине XIX в., их осуществляла Западная экспедиция во главе с И. И. Жилинским (1873–1902 гг.) [4, с. 11]. В частности, в границах современного Пинского района работы проводились на Молодельчицкой казенной даче, возле сельских населенных пунктов Поречье и Жолкино. О мелиоративных мероприятиях на территории нынешнего Столинского района свидетельствует также тот факт, что в р. Ствига впадают несколько старых мелиоративных каналов, которые были построены еще в начале XX в. и находятся на территории Ольманских болот. Крупномасштабная мелиорация, проводимая в 1960-х гг., повлияла не только на экологическое состояние природных экосистем, но и дала определенный социально-экономический эффект – на мелиорированных землях появились новые совхозы. Некоторые сельские населенные пункты стали ускоренно развиваться и появились новые. На территории Пинского и Столинского районов были созданы совхозы «Парохонский» и «Бережцы» с административными центрами в одноименных сельских населенных пунктах соответственно, на территории Лунинецкого района – совхоз «Имени Ленина» (центр д. Большие Чучевичи) [4, с. 75]. Это повлияло на возрастную-половую структуру данных населенных пунктов (доля лиц дотрудоспособного возраста была выше в сравнение с соседними селами), показатели естественного движения населения (в некоторые годы фиксировался естественный прирост населения).

Значительным фактором, повлиявшим на социально-демографическую обстановку в регионе, стало загрязнение территории региона радионуклидами вследствие аварии на ЧАЭС. Проведенный анализ демографической ситуации в сельской местности на территории западной части Припятского Полесья позволил выявить одну из причин уменьшения количества сельских населенных пунктов, которая была связана с отселением людей из населенных пунктов, подвергшихся радиоактивному загрязнению (отселены были д. Озерецкая

Рисунок. – Средняя
людность сельских
населенных пунктов
в административных
районах Беларуси,
2009 г. [3, с. 75]



Лунинецкого района и д. Ольшанские Каленки Столинского района) [5, с. 86]. Стоит обратить внимание, что загрязнение радионуклидами территории Белорусского Полесья в целом и Припятского Полесья в частности было зафиксировано еще в 1960-х гг. При проведении исследований накопления радионуклидов максимальные значения уровней цезия-137 и стронция-90 в рационе сельских жителей БССР и УССР наблюдались на территории Белорусско-Украинского Полесья [4, с. 89]. Одним из косвенных подтверждений такого факта является зафиксированный уровень содержания цезия-137 в молоке.

Строительство военных объектов – ракетных баз, стратегических аэродромов, полигонов – выступает в качестве причин исчезновения сельских населенных пунктов. В этом случае мы можем говорить о так называемой принудительной миграции. Примером может служить отселение жителей д. Колки, Мерлин, Рубрин, Храпунь в связи со строительством в начале 1960-х гг. военного полигона на территории Столинского района [1, с. 44]. Переселение людей происходило как в населенные пункты непосредственно Столинского района, так и близлежащих, в частности Лунинецкого района (н. п. Полесское). Некоторые жители вынуждены были мигрировать в Казахстан на освоение целинных земель. Функционирование военного полигона существенно повлияло на плотность населения некоторых частей Столинщины, способствовало укрупнению отдельных сельских населенных пунктов (Ольманы, Белоуша, Ольшаны и др.). Значительно усилилась антропогенная нагрузка на Ольманские болота. В связи с этим создание в 1998 г. Республиканского ландшафтного заказника «Ольманские болота» будет способствовать сохранению уникальных ландшафтов Припятского Полесья, редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Прогнозируя дальнейшую демографическую ситуацию в регионе, следует прежде всего учитывать влияние трансформации возрастной структуры, связанную с эффектом «демографических волн». Количество сельского населения и, соответственно, его удельный вес будет иметь тенденцию

к уменьшению. К сожалению, некоторые сельские населенные пункты в ближайшее десятилетие либо останутся без жителей, либо будут представлены населением только старше трудоспособного возраста в связи с миграционными процессами по направлению «село – город» и естественной убылью населения.

Выводы

1. Социально-демографическая ситуация в западной части Припятского Полесья изменялась не только в результате трансформации социально-экономической системы, но и в результате антропогенного воздействия на регион осушительной мелиорации, загрязнения радионуклидами, строительства военных объектов.

2. В ряде административных единиц Припятского Полесья наблюдается естественный прирост населения, причинами которого стали результаты миграции населения, социальной политики государства, а также особенности возрастной структуры населения.

3. Для дальнейшего устойчивого развития региона необходима разработка комплексной программы, включающей мероприятия экономического, социально-демографического, экологического характера для каждого конкретного административного района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корженевич, С. В. Географические закономерности трансформации населения Белорусского Полесья / С. В. Корженевич. – Пинск : ПолесГУ, 2014. – 125 с.
2. Статистический бюллетень «Естественное движение населения по Республике Беларусь за 2019 год» : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: Ж. Н. Василевская [и др.]. – Минск, 2020. – 54 с.
3. Марей, А. Н. Глобальное впадение цезия-137 и человек / А. Н. Марей, Р. М. Бархударов, Н. Я. Новикова. – М. : Атомиздат, 1974. – 168 с.
4. Титов, И. В. Белорусское Полесье глазами современника: очерки воспоминаний и размышлений / И. В. Титов. – Минск : Беларусь, 2008. – 374 с.
5. Сакович, В. С. Белорусское село в 70–90-е годы: миграция населения, трудовые ресурсы / В. С. Сакович ; науч. ред. М. П. Костюк. – Минск, 1997. – 170 с.

PECULIARITIES OF TRANSFORMATION PROCESSES DEVELOPMENT IN THE WESTERN PART OF PRIPYAT POLESYE – ANALYSIS OF REASONS, FORECAST OF DEVELOPMENT
KRASOVSKY K., KORJENEVICH S.

The article discusses the features of transformation processes development in the western part of the region of Pripjat Polesye. The authors reveal the features of drainage reclamation, consider the radiation pollution of the territory, analyze the consequences of the operation of a military training ground in the Stolin district. Brief information is also given on the transformation of the socio-demographic situation in the region, including those related to these problems. The article predicts the further socio-economic development of the Luninets, Pinsk and Stolin districts as components of the Pripjat Polesye region.

УДК 630*432: 630*945.33: 631.61

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БРЕСТСКОГО ГПХО

И. А. Машков, Н. В. Толкачёва, А. М. Потапенко, В. А. Серенкова, А. К. Козлов

Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель, Республика Беларусь

Лесная гидромелиорация способствует не только увеличению площади лесного фонда и продуктивности лесных насаждений, но и положительно влияет на видовое разнообразие лесной флоры и фауны, а также улучшает доступность лесозаготовок и снижает пожароопасную обстановку. В конце XX в. на территории всего лесомелиоративного фонда Беларуси были уменьшены объемы хозяйственной деятельности по обслуживанию гидромелиоративных объектов. В настоящее время все гидролесомелиоративные системы Брестского региона находятся в нерабочем состоянии и представляют собой заболоченную и естественно зарастающую древесно-кустарниковой растительностью местность. На мелиорированных лесных участках происходят вторичные экологические сукцессии, приводящие к образованию антропогенных экосистем. Необходимо объективно оценить состояние мелиорированных лесных участков и определить их оптимальное использование в лесном хозяйстве.

Введение

В Республике Беларусь в настоящее время в силу экономических и ряда других причин лесосушение практически не проводится. Большинство систем либо вышли из строя, либо находятся в неудовлетворительном состоянии. Сведены к минимуму (или отсутствуют) объемы капитального ремонта и реконструкции лесосушительных систем. Увеличиваются мелиорированные площади, нуждающиеся в проведении всех видов ухода и ремонта на каналах осушительной сети. Часть ранее осушенных земель вторично заболотилась и этот процесс продолжается, что, в свою очередь, негативно сказывается на продуктивности лесных насаждений.

Гидролесомелиорация в рабочем состоянии – это система гидротехнических, агротехнических и лесохозяйственных мероприятий по осушению избыточно увлажненных земель лесного фонда, направленная на увеличение площади лесов, повышение их производительности, улучшение их использования и охраны. Гидролесомелиорация благотворно влияет на климат, водный режим рек, видовое разнообразие лесной флоры и фауны. Под влиянием осушения увеличивается видовое разнообразие всех ярусов растительности (древостоя, подроста, подлеска, кустарничково-травяного и мохового). Появляются виды более требовательные к условиям произрастания, а также виды, характерные для минеральных почв.

Лесосушительная мелиорация, выполняющая задачу направленного регулирования водного режима почв, является одной из наиболее эффективных и надежных форм повышения продуктивности заболоченных лесных земель. Сущность процесса осушения заключается в том, что благодаря удалению избытка гравитационной воды в поры почвы проникает воздух, меняется термический режим. Вследствие улучшения аэрации закисные процессы, происходящие в избыточно увлажненных почвах, сменяются окисными, резко меняется направление микробиологических процессов [1], изменяется стадия почвообразовательного процесса, в результате чего зольные элементы из недоступных форм переходят в доступные для усвоения корневыми системами растений [2].

Основной причиной угнетающего влияния высокого стояния уровня грунтовых вод является кислородное голодание древесной растительности [3]. Этой же причиной объясняется безлесье лесных болот. Кислородное голодание наблюдается и при подтоплении корневых систем деревьев. Неблагоприятные условия произрастания древесной растительности на неосушенных болотах или повторно заболоченных территориях ограничивают породный состав лесов лишь теми представителями древесной растительности, которые в той или иной степени приспособлены к длительному переувлажнению почвы, слабой аэрации и недостатку питательных веществ [4]. Таким образом, болотные леса, по сравнению с лесами на дренированных почвах, характеризуются небольшой высотой, значительной сбежистостью стволов, малой сомкнутостью крон.

Под влиянием гидролесомелиорации в лесоболотных биогеоценозах складывается новый тип круговорота питательных веществ. Аккумуляция основных питательных элементов происходит не в органическом веществе почвы, а в древесном приросте и опаде, что увеличивает скорость круговорота. В результате осушения интенсивность круговорота питательных веществ возрастает по мере роста трофности местообитаний.

Установлено, что гидролесомелиорация оказывает неоднозначное влияние на изменение содержания углерода в компонентах лесоболотных экосистем. Осушение способствует накоплению углерода в древесной фитомассе и снижению его в живом напочвенном покрове [5]. В процессе исследований было установлено, что чем богаче условия произрастания, тем выше концентрация углекислого газа и его эмиссия в атмосферу в результате осушения лесоболотных биогеоценозов. Это связано с лучшей минерализацией торфяных почв и большим дыханием корней в богатых условиях в сравнении с бедными [6].

В настоящее время перед лесным хозяйством стоят новые задачи в области гидролесомелиорации. Необходимо провести инвентаризацию на всех объектах гидролесомелиорации, сохранить наиболее ценные леса на осушаемых землях, провести на них работы по капитальному ремонту и рекон-

струкции. Решение указанных задач должно быть увязано с требованиями рационального природопользования и направлено на обеспечение устойчивого управления ресурсами переувлажненных земель, контролируемого равновесия, биоразнообразия и улучшения эстетических свойств ландшафтов с максимальным использованием опыта и достижений предшественников.

Цель работы – провести комплексную инвентаризацию гидролесомелиоративных систем (ГЛМС) с оценкой их экологической и экономической эффективности и определить дальнейшие направления их использования.

Методика и объекты исследования

Методика оценки эффективности ГЛМС и их влияния на лесные и болотные экосистемы (биоразнообразие, продуктивность, состояние) включает описание типов пунктов наблюдения, а также перечень наблюдаемых параметров.

В программу работ входили: закладка пунктов наблюдений в природе; оценки состояния и продуктивности экосистем, биоразнообразия и состояния каналов, эффективности ГЛМС.

Для описания состояния лесных и других экосистем, подвергшихся воздействию гидролесомелиорации, применялся метод линейных трансект – линейных пунктов наблюдения вытянутой прямоугольной формы.

Начало трансекты привязывалось к выбранному на местности каналу ГЛМС и закладывалось перпендикулярно его направлению. Ширина трансекты составляла 10 м, протяженность устанавливалась в зависимости от доступности территории, мозаичности экосистем, количества каналов и стелени их влияния, структуры растительного покрова. Как правило, протяженность трансекты составляла половину расстояния между каналами (но не менее 50 м). Профиль трансекты прокладывался при помощи мерного шнура (рулетки). Направление устанавливалось по компасу. Определялись координаты начала и конца трансекты (использовался GPS приемник).

На трансекте проводился сплошной пересчет по 2-сантиметровым ступеням толщины и оценка состояния всех деревьев (особи более 6 см в диаметре на высоте 1,3 м), отбирались керны для установления возраста и прироста древостоев, описывался видовой состав, жизненность (по трем ступеням высоты) и численность (обилия) подроста деревьев, видовой состав и проективное покрытие кустарников, кустарничков, трав, мхов и лишайников. Приводилась характеристика почвенно-гидрологических условий. Оценка состояния и описание растительности осуществлялись в пределах 10-метровой полосы (по 5 м с обеих сторон центральной оси трансекты).

Описывалось техническое состояние гидромелиоративных каналов (замерялись ширина, глубина, заиление, уровень воды, определялась степень зарастания), описывалась произрастающая доминирующая растительность и устанавливались координаты.

Исследования проводились в 2020 г. в лесхозах Брестского ГПЛХО. Оценено состояние мелиорированных лесных участков и определено их оптимальное использование в лесном хозяйстве. Согласно заданию, было обследовано 14 лесхозов, на территории которых находятся ГЛМС. Общее количество обследованных гидромелиоративных объектов (каналов, трубопереездов и других гидротехнических сооружений), входящих в состав ГЛМС, составило 124 единицы.

Результаты и их обсуждение

По результатам обследований, общая площадь ГЛМС на территории Брестского ГПЛХО 75369,2 га, или 5,96 %, земель лесного фонда.

Общая информация о количестве обследованных гидролесомелиоративных систем на территории Брестского ГПЛХО представлена в таблице. Согласно данным, наибольшая площадь лесного фонда, занятая ГЛМС (16,0 тыс. га, или 15,2 % от общей площади лесхоза), находится в Полесском лесхозе. Достаточно значительные площади лес-

Таблица. – Общая информация о количестве обследованных гидролесомелиоративных систем на территории Брестского ГПЛХО

Лесхоз	Общая площадь, га	Площадь объектов ГЛМС, га	Количество объектов ГЛМС, шт.	Доля ГЛМС от общей площади
Барановичский	91779,0	1879,8	4	2,05
Брестский	78159,5	376,5	4	0,48
Ганцевичский	108786,5	7083,0	13	6,51
Дрогичинский	58259,7	6988,7	17	12,00
Ивацевичский	104506,5	13435,1	14	12,86
Кобринский опытный	73843,9	2869,1	14	3,89
Лунинецкий	145378,6	10487,2	17	7,21
Ляховичский	53956,1	6671,2	5	12,36
Малоритский	76696,8	1370,1	5	1,79
Пинский	91925,3	2804,1	9	3,05
Полесский	105885,0	16040,9	7	15,15
Пружанский	76306,1	691,0	2	0,91
Столинский	94433,0	3241,5	7	3,43
Телеханский	104938,4	1431,0	6	1,36
ИТОГО по ГПЛХО	1264854,4	75369,2	124	5,96

ного фонда заняты ГЛМС в Ивацевичском (13,4 тыс. га, или 12 %) и Лунинецком (10,5 тыс. га, или 7,2 %) лесхозах.

В настоящее время все ГЛМС данного региона находятся в нерабочем состоянии и представляют собой заболоченную и естественно зарастающую древесно-кустарниковой растительностью местность, заилены, местами обрушены, завалены. На каналах отмечены поселения бобров.

На некоторых участках происходит заболачивание территории лесного фонда по причине прекращения технического обслуживания ГЛМС организациями, за которыми числились системы с расположенными на них каналами.

На момент обследования участков лесного фонда Брестского ГПЛХО было выявлено, что на ранее мелиорированной и бывшей в сельскохозяйственном и промышленном производстве площади идет естественное зарастание территории древесно-кустарниковой растительностью, на отдельных участках развивается процесс заболачивания местности, часть участков – сработанные до минерального грунта торфяники.

Основной критерий оценки влияния мелиоративной системы – обеспечение оптимальных условий роста древесных насаждений независимо от состояния осушительной сети и характера условий местопроизрастания.

Для эффективной работы мелиоративных систем необходимо их периодическое обследование (инвентаризация), которое должно выполняться не реже одного раза в пять лет в соответствии с Инструкцией о порядке проведения инвентаризации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, утвержденной Постановлением Минсельхозпрода № 56 от 31.07.2009 г.

По результатам обследования разработаны предложения и рекомендации по направлениям дальнейшего использования ГЛМС на территории 14 лесхозов Брестской области на основании комплексной оценки их экологической и экономической эффективности.

Так, для 5 объектов (общей площадью 1863,2 га, или 2,47 % от всех обследованных ГЛМС) рекомендовано повторное заболачивание путем поднятия воды в уровень почвы и восстановления типичного для болот водного режима, растительного покрова и процесса торфообразования. Это преимущественно участки осушенных верховых и переходных болот. Низкий уровень воды, наличие участков открытого торфа, высокое проективное покрытие вереском – признаки высокой пожарной опасности территории. Отдельные участки – бывшие торфопереработки. Растительный покров проходит начальную стадию восстановительной сукцессии. Характеризуется чередованием открытых торфяных обнажений, практически лишенных растительности, и фрагментов мелиоративно-производного типа сосново-березового леса. Верхний слой торфяной почвы в период активной вегетации иссушается. Для нормального развития лесоболотного фи-

тоценоза это неблагоприятные условия. Поскольку высока вероятность массового распространения инвазивных видов, рекомендуется отрегулировать гидрологический режим и поднять воду в уровень почвы.

Таким образом, неэффективно осушенные и выработанные торфяники, неустойчивый гидрологический режим и пожары на территории отдельных ГЛМС препятствуют нормальному развитию болотных экосистем, в результате чего нарушаются их важнейшие экологические функции. Целесообразно восстановление гидрологического режима этих территорий путем повторного заболачивания.

Для 119 объектов (общей площадью 73506,0 га, или 97,53 % от всех обследованных ГЛМС) рекомендовано оставить без изменений. Преимущественно это участки заболоченные, представляющие собой значительно продвинутую стадию восстановительной сукцессии (на уровне сформированной кустарниковой и лесной растительности), или участки с продуктивными древостоями (в результате осушения отмечено увеличение прироста у произрастающих насаждений и эффективным будет традиционное лесопользование). На момент проведения исследований некоторые объекты заболочены, в первую очередь благодаря зарастанию или запруживанию каналов, их заваленности или перекрытию бобровыми плотинами. Значительная часть ГЛМС прилегает к сельскохозяйственным угодьям и на них невозможно изменить уровень воды, не подтопив или не подсушив сопредельные территории, поэтому рекомендовано для таких территорий оставить без изменений гидрологический режим.

Среди оставленных без изменений – 44 объекта площадью 38263,5 га (52,05 % от всех обследованных ГЛМС, или 52,05 % оставленных без изменений ГЛМС) заболочены с высоким уровнем воды, иногда выше поверхности почвы, древостой почти полностью выпал, местами сформировались мелководные водоемы. На низинных болотах на открытых пространствах господствует тростник, формирующий монодоминантные тростниковые, тростниково-осоковые или ивняково-тростниково-осоковые сообщества. На верховых болотах фитоценоз сохраняет свой естественный облик верхового болота. В перспективе на этих территориях – формирование болотной, водно-болотной или лесоболотной экосистемы. Снижение уровня стояния болотных вод на таких участках негативно сказывается и на существующей растительности, и на самом торфяном горизонте, который при снижении уровня воды оголяется и подвергается ускоренному процессу разрушению.

Часто основной причиной затопления бывших мелиорированных земель является деятельность бобра. На 4 оставленных без изменений объектах площадью 2274,3 га (3,02 % от всех обследованных ГЛМС, или 3,09 % от оставленных без изменений) требуется контроль численности и деятельности бобра. И хотя сами ГЛМС, как правило, затоплены, особое внимание необходимо прилегающим территориям, включая сельскохозяйственные земли.

На прилегающих лесных землях, особенно при прохождении перекрытого бобрами магистрального канала, отмечалось ухудшение жизненного состояния древостоев в результате подтопления. Такие участки требуют регулирования численности бобра.

Рассматривая состояние ГЛМС на территории отдельных лесхозов, в целом можно рекомендовать списание каналов с балансов лесхозов. Преимущественно это лесная мелиорация, на которой мелиоративная сеть непригодна, не выполняет своих функций и ремонту не подлежит. Особенно это актуально для 22 ГЛМС общей площадью 9429,9 га (12,51 % от всех обследованных ГЛМС, или 12,83 % от оставленных без изменений). На этих участках гидролесомелиорация была проведена более 50 лет назад. На участках встречаются как сухие каналы с задернением древесно-кустарниковой растительностью и разрушенными откосами, так и топкие с заилением более 50 см и обводненные выше бровки канала.

Следует отметить, что почти половина обследованных объектов (общая площадь 34004,8 га, или 45,12 % от обследованных ГЛМС) полностью или частично расположены на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), как правило, гидрологических или водно-болотных заказниках местного или республиканского значения и охранной зоне Национального парка «Беловежская пуща». На территории этих ООПТ запрещаются проведение работ по гидротехнической мелиорации; работ, связанных с изменением существующего гидрологического режима, за исключением работ по его восстановлению; ремонтно-эксплуатационных работ по обеспечению функционирования существующих мелиоративных систем. На 20 объектах (24330,4 га, или 32,3 %), в том числе 7 объектах (3674,4 га, или 4,9 %) не входящих в состав заказников, при полевых работах были отмечены виды растений и животных, внесенных в Красную книгу Республики Беларусь. На территории пограничной полосы государственной границы с Украиной находятся 6 объектов (1392 га, или 1,8 %), где режим ведения лесного хозяйства устанавливается республиканским органом

государственного управления по лесному хозяйству по согласованию с республиканским органом государственного управления по обеспечению пограничной безопасности.

Проводимые работы по уходу за мелиоративными каналами, которые выполняются лесхозами без использования специализированной техники, в целом обладают малой эффективностью и не дают ожидаемого эффекта.

Выводы

По результатам проведенных обследований следует отметить, что вся ГЛМС, расположенная на территории лесного фонда Брестского ГПЛХО, в связи с прекращением проведения технических уходов пришла в нерабочее состояние и частично подлежит списанию. В целях улучшения пожарной обстановки на оголенных выработанных торфяниках необходимо поднятие уровня воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, Л. С. Экологические факторы разложения болотных растений / Л. С. Козловская // Почвенные исследования в Карелии. – Петрозаводск, 1975. – С. 190–197.
2. Смагина, М. В. Разложение растительного опада в лесоболотных биогеоценозах / М. В. Смагина // Эксперимент и математическое моделирование в изучении биогеоценозов лесов и болот : тез. докл. Всесоюз. совещ. 4–6 авг. 1987 г. – М., 1987. – С. 47–51.
3. Смоляк, Л. П. Эколого-физиологические основы мелиорации лесных почв / Л. П. Смоляк, В. Г. Рущий. – Минск : Наука и техника, 1971. – 160 с.
4. Вомперский, С. Э. Лесоосушительная мелиорация / С. Э. Вомперский, Е. Д. Сабо, А. С. Формин. – М. : Лесн. пром-сть, 1975. – 295 с.
5. Константинов, В. К. Гидролесомелиорация // Мелиоративная энциклопедия. – М., 2003. – Т. 1. – 320 с.
6. Смирнов, А. В. Состав воздуха в изолированном объеме торфяной почвы и его влияние на рост сосны / А. В. Смирнов // Эксперимент и математическое моделирование в изучении биогеоценозов лесов и болот : тез. докл. Всесоюз. совещ. 4–6 авг. 1987 г. – М., 1987. – С. 51–54.

ECOLOGICAL EFFICIENCY OF HYDRO-FOREST RECREATION SYSTEMS IN THE FOREST FUND OF BREST (SPFA)

MASHKOV I., TOLKACHEVA N., POTAPENKO A., SERENKOVA V., KOZLOV A.

Forest irrigation contributes not only to an increase in the area of the forest fund and the productivity of forest plantations, but also has a positive effect on the species diversity of forest flora and fauna, and also improves the availability of logging and reduces the fire situation. At the end of the 20th century, on the territory of the entire forest meliorative fund of Belarus, the volume of economic activities for servicing irrigation and drainage facilities was reduced. At present, all hydroforestry systems of the Brest region are inoperative and are swampy and naturally overgrown with tree and shrub vegetation. In reclaimed forest areas, secondary ecological successions occur, leading to the formation of anthropogenic ecosystems. Currently, it is necessary to objectively assess the state of the reclaimed forest areas and determine their optimal use in forestry.

УДК 504.03 (477.41/ 42)

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРЕДЕЛАХ г. ГОРКИ

Т. Н. Мыслыва¹, О. Н. Левшук²¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь²Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь

Выполнен анализ пространственного распределения кислоторастворимых форм меди, цинка, свинца и кадмия в пределах территории г. Горки. Посредством применения методов геостатистического анализа с помощью алгоритма *k*-средних было установлено наличие 3 групп данных, характеризующих уровень загрязнения территории по комплексу показателей. Наиболее сильно в урбанизованных г. Горки варьирует содержание кислоторастворимых форм цинка ($v = 98,9\%$) и свинца ($v = 97,2\%$), что подтверждает техногенную природу происхождения этих загрязнителей.

Введение

Техногенное загрязнение вследствие воздействия промышленных эмиссий загрязнителей, прежде всего тяжелых металлов, является одной из основных причин ухудшения качества почв и выращиваемой на них сельскохозяйственной продукции [1, с. 211]. Выявление характеристик пространственной структуры содержания кислоторастворимых форм тяжелых металлов может стать основой для комплексной оценки уровня загрязнения почвенного покрова и разработки рациональной политики управления окружающей средой в условиях усиления антропогенного воздействия на биосферу. Исходя из этого существует потребность в получении релевантной информации о пространственном поведении содержания тяжелых металлов как в пределах локальных территорий и административных районов, так и в пределах отдельных регионов и природно-территориальных комплексов. Однако подавляющее большинство исследований, выполненных отечественными учеными, касается оценки уровня загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова в областных центрах и в городах с высокой степенью концентрации промышленного производства, в то время как исследований по оценке экологического состояния агроселитебных ландшафтов малых городов, в частности в Могилевской области, проведено недостаточно.

Методика и объекты исследования

Исследования выполнялись в 2017–2020 гг. в пределах территории микрорайонов «Заречье», «Центр», «Слобода» и «Академия», а также садовых товариществ «Иваново», «Труд» и «Садовод», находящихся в пределах территории г. Горки Могилевской области (рисунок 1).

Отбор образцов почвы проводился в соответствии с требованиями, указанными в ТКП 17.03–02–2013 «Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами» [2]. Размер пробной площадки составлял 10×10 м, почва отбиралась методом «конверта» из слоя 0–20 см. Один репрезентативный почвенный образец формировался из 20 точечных проб. Определение содержания тяжелых металлов – Cu, Zn, Pb и Cd происходило методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе SOLAAR S Series AA фирмы Thermo Scientific (США). Экстрагирование тяжелых металлов выполняли 1н H₂SO₄. Геопространственный анализ данных о со-



Рисунок 1. – Схема отбора репрезентативных образцов почвы на территории г. Горки

держании тяжелых металлов в почве делали с помощью набора инструментов «Расчет кластеризации» модуля «Пространственная статистика» программного продукта ArcGIS версии 10.3.

Результаты и их обсуждение

Использование методов геостатистического анализа позволяет идентифицировать неоднородности содержания тяжелых металлов в пределах территории по одному или нескольким параметрам. Анализ группирования – действенный инструмент изучения геопространственных данных, выполняющий процедуру классификации, целью которой является поиск естественных кластеров в массиве данных. С его помощью данные распределяются на задан-

Таблица 1. – Статистические характеристики выборки данных о содержании в почве кислоторастворимых форм тяжелых металлов, $n = 80$

Показатель, мг/кг	Значение показателя			Sd	Cv, %	Med	Экссесс	Асимметрия
	min	max	mid					
Медь	3,36	35,35	9,59	5,56	58,0	8,05	7,75	1,89
Цинк	15,07	325,1	86,07	83,45	98,9	52,8	4,21	1,54
Свинец	3,40	66,62	13,94	13,55	97,2	9,72	9,64	2,68
Кадмий	0,0001	0,57	0,20	0,13	65,0	0,17	3,28	0,78

Примечание. Sd – среднееквадратическое отклонение; Cv – коэффициент вариации; mid – среднее значение; Med – медиана.

Таблица 2. – Значение R^2 для идентифицированных групп содержания тяжелых металлов в почве на территории г. Горки

Идентифицированная группа показателей	Показатель			
	содержание кислоторастворимых форм, мг/кг			
	меди	цинка	свинца	кадмия
1	0,3722	0,4846	0,6032	0,3722
2	0,5451	0,4795	0,7635	0,5854
3	0,7789	0,9315	0,9159	0,8079
Общее значение	0,6189	0,4769	0,2319	0,5199

ное число групп, в которых все показатели наиболее схожи между собой, а сами группы максимально отличаются друг от друга [3, 4]. Поиск групп выполнялся с помощью алгоритма k -средних в пределах выборки данных, сведения об основных статистических характеристиках которой представлены в таблице 1.

Оценить пестроту и контрастность строения атмотехногенных ореолов рассеивания продуктов техногенеза на обследуемой территории можно по величине коэффициента вариации, который является качественным критерием оценки степени загрязнения урбаноземов. Чем больше коэффициент вариации, тем более неравномерно распределение геохимических параметров в пространстве и фрагментарнее и контрастнее строение атмотехногенных ореолов рассеивания, поскольку элемент – поллютант имеет более высокую степень варьирования в пространстве, чем педогенный элемент [1, с. 213]. Среди исследуемых тяжелых металлов наиболее сильно в урбаноземах г. Горки варьирует содержание кислоторастворимых форм цинка ($v = 98,9\%$) и свинца ($v = 97,2\%$), что подтверждает техногенную природу происхождения этих поллютантов.

С помощью анализа группирования было установлено наличие в пределах исследуемой территории трех зон с определенным набором параметров. В данном случае под параметрами подразумевается содержание в почве кислоторастворимых форм тяжелых металлов, а под однородностью – наличие кластеров параметров с высокими либо низкими значениями (таблица 2).

Величина R^2 свидетельствует о том, что доминирующим показателем при определении групп 1 и 2 выступает содержание кислоторастворимого свинца ($R^2 = 0,6032$ и $0,7635$ соответственно), а группы 3 – содержание кислоторастворимого цинка ($R^2 = 0,9315$).

Статистические характеристики идентифицированных групп данных свидетельствуют о следую-

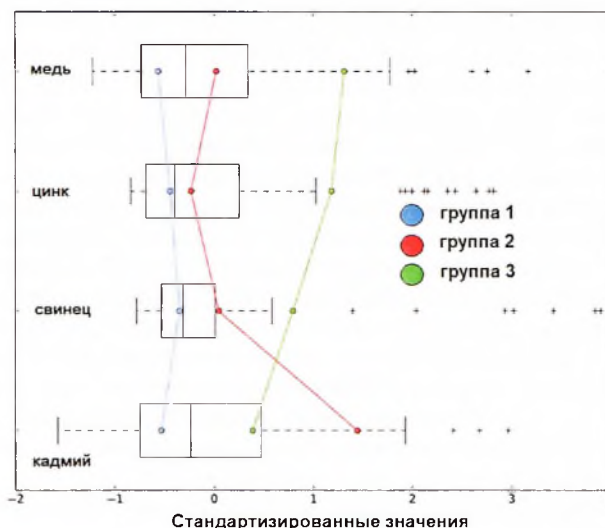


Рисунок 2. – Сводная статистическая характеристика идентифицированных групп данных о содержании тяжелых металлов

щем (рисунок 2). В группе 1, которая наиболее широко представлена в исследуемом массиве данных, значения всех показателей находятся на уровне ниже медианных значений. Данная группа отражает участки в пределах северной части микрорайона «Академия», в районе дендропарка и вдоль левого берега р. Поросица, а также в садовых товариществах «Садовод» и «Иваново».

Участки, входящие в группу 2, сосредоточены преимущественно в микрорайоне «Слобода». Значения содержания в почве меди и цинка в данной группе находятся на уровне выше медианных значений, содержание свинца соответствует величине верхнего глобального квартиля, а кадмия – выходит за его пределы. В третьей группе представлены участки, сосредоточенные преимущественно в центре города, а также в микрорайонах

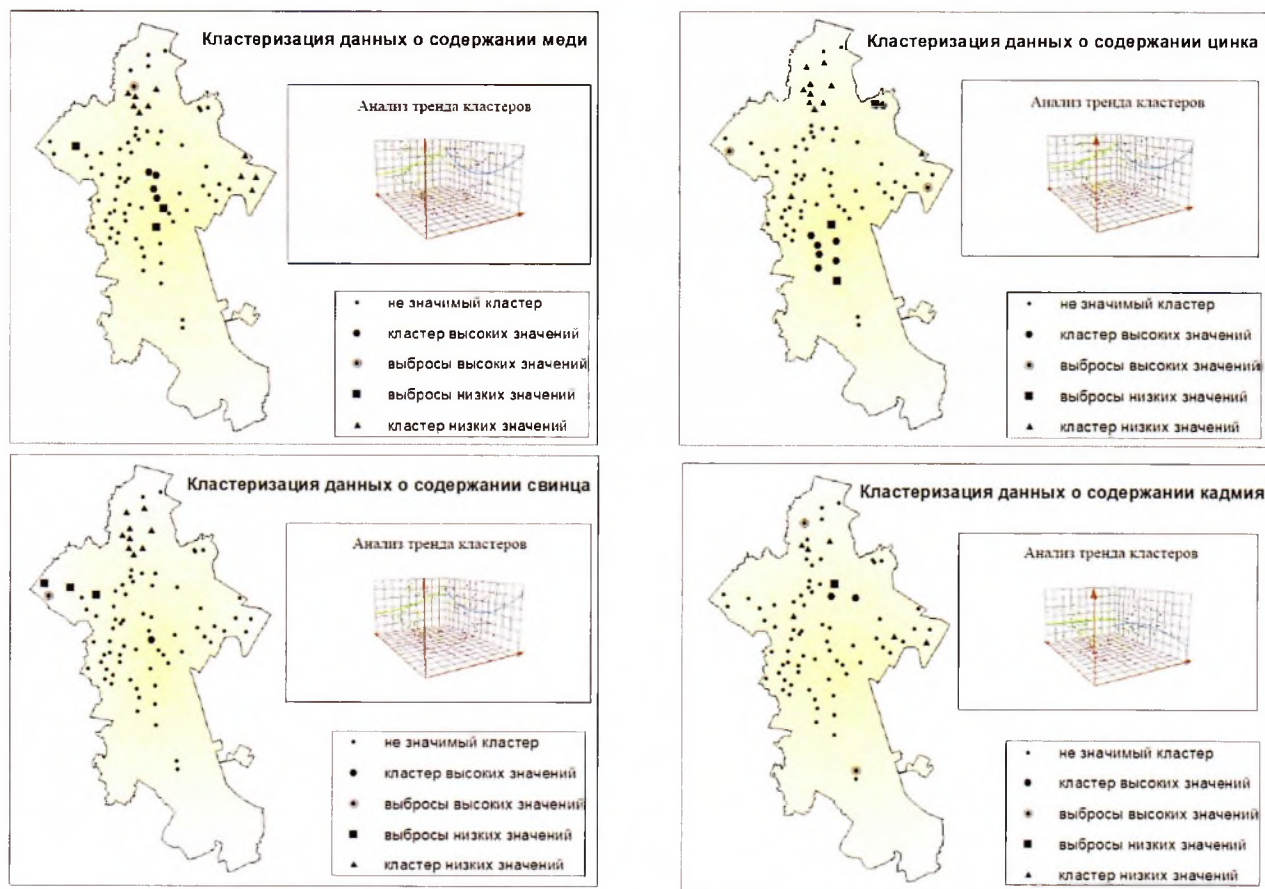


Рисунок 3. – Результаты анализа кластеризации данных о содержании тяжелых металлов

«Академия» и «Заречье». Единичные участки, относящиеся к группе 3, присутствуют также в пределах микрорайона «Слобода» в районе ул. Сурганова и Пионерской. В данной группе среднее содержание свинца и цинка лежат за пределами глобального верхнего значения, а содержание меди – за пределами глобального верхнего квартиля. В группе 1 приоритетными загрязнителями почвы выступают свинец и цинк, а в группа 2 и 3 – свинец и кадмий.

После установления наличия кластеризации высоких и низких значений, исследуемых геопространственных данных о содержании в почве тяжелых металлов, был выполнен ее анализ, который дает возможность установить, где проходят наиболее четкие границы между контурами с высоким и низким содержанием того либо иного элемента в почве и есть ли в пределах исследуемой территории аномально высокие или аномально низкие значения показателей, которые можно отнести к пространственным выбросам. По результатам оценки величины локального индекса Морана, z -оценки и p -значения было установлено наличие пространственных выбросов высоких и низких значений для всех исследуемых показателей (рисунок 3).

Для меди выявлено наличие кластеров высоких значений в центре города, кластеров низких значений – в районе дендропарка и северной части микрорайона «Академия», в то время как в микрорайоне «Заречье» зафиксировано наличие выбросов низких значений содержания кислоторастворимой

меди в почве. Кластеризацией высоких значений содержания цинка характеризуется территория микрорайона «Заречье», низких значений – северная часть микрорайона «Академия», в то время как для территории в районе дендропарка и садового товарищества «Труд» достоверно установлено наличие выбросов высоких значений содержания в почве цинка. Кластерами низких значений содержания свинца и кадмия характеризуется северная часть микрорайона «Академия», а выбросы низких значений данных элементов зафиксированы на территории садового товарищества «Труд» и в районе левого берега р. Поросица.

Выводы

Урбаноземы на территории г. Горки загрязнены кислоторастворимыми формами Cu, Zn, Pb и Cd и характеризуются пестротой и контрастностью атомехногенных ореолов рассеивания поллютантов. Посредством выполнения геостатистического анализа установлено наличие 3 групп данных, характеризующих уровень загрязнения территории города по комплексу показателей. Приоритетными загрязнителями в пределах земельных участков, относящихся к группам 1 и 2, является свинец, к группе 3 – цинк.

ЛИТЕРАТУРА

- Мыслыва, Т. Н. Тяжелые металлы в агросели-тебных ландшафтах г. Горки / Т. Н. Мыслыва, О. Н. Левшук // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 2. – С. 211–216.

2. Охрана окружающей среды и природопользование Земли. Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами ТКП 17.13-02-2013 (02120) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vik.by>. – Дата доступа: 20.01.2020.
3. Митчелл, Э. Руководство по ГИС-анализу. Часть 1. Пространственные модели и взаимосвязи / Э. Митчелл. – ESRI, 2000. – 170 с.
4. Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis / A. Mitchell. – Esri Press, 2005. – Vol. 2. – 252 p.

SPATIAL DISTRIBUTION OF ACID-SOLUBLE FORMS OF HEAVY METALS WITHIN THE CITY OF GORKI

MYSLYVA T., LEVSHUK O.

The spatial distribution of acid-soluble forms of copper, zinc, lead and cadmium within the territory of the city of Gorki is analyzed. By applying the methods of geostatistical analysis using the *k*-means algorithm, it was found that there are three groups of data characterizing the level of pollution of the territory by a set of indicators. The content of acid-soluble forms of zinc ($v = 98,9\%$) and lead ($v = 97,2\%$) varies most strongly in the urban soils of Gorki, which confirms the technogenic nature of the origin of these pollutants.

УДК 581.5

СУЧАСНЫЯ ЗМЭНЫ І ПРАГНОЗ РАЗВІЦЦЯ ФЛОРЫ Ў ЗОНЕ ПАЛЕСКАЙ ХАРАЛАГІЧНАЙ ДЫЗ'ЮНКЦЫІ ПАД УПЛЫВАМ АНТРАПАГЕННАГА ЎЗДЗЕЯННЯ

А. М. Мяслік

Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь

Разглядаюцца наступствы ўплыву антрапагенных фактараў на прыродную флору Прыпяцкага Палесся ў пост-меліярацыйны перыяд. Прыводзіцца ацэнка адвентызацыі і сінантрапізацыі флоры, маштабаў яе антрапагеннай трансфармацыі, што дазваляе ацаніць сучасны стан і зрабіць прагноз развіцця флоры ў зоне палескай харалагічнай дыз'юнкцыі.

Уводзіны

У цяперашні час вядома, што працэсы негатыўнага антрапагеннага ўздзеяння на раслінны свет асабліва ярка праяўляюцца на тэрыторыях, размешчаных на межах розных прыродных зон (фізіка-геаграфічных, ландшафтных, фларыстычных абласцей, правінцый, раёнаў і г. д.). Экасістэмы такіх тэрыторый валодаюць павышанай адчувальнасцю да антрапагенных уздзеянняў з прычыны таго, што значная колькасць відаў раслін знаходзіцца на межах арэалаў і таму з'яўляецца больш уразлівай. Характэрная адметнасць флоры Беларускага Палесся – значная колькасць такіх відаў (больш за 200), што дазволіла выдзеліць і абгрунтаваць наяўнасць тут палескай харалагічнай дыз'юнкцыі. Апошняя з'яўляецца раздзяляльнай прасторай у арэалах шэрагу кліматычна абумоўленых відаў [1]. Прыпяцкае Палессе як асобная фізіка-геаграфічная акруга ў цэнтральнай частцы Палескай правінцыі ў найбольшай ступені адлюстроўвае прыродныя асаблівасці ўсяго Беларускага Палесся і, адпаведна, можа выкарыстоўвацца ў якасці зручнага мадэльнага аб'екта для ацэнкі фларыстычных змяненняў, якія адбыліся ў зоне палескай харалагічнай дыз'юнкцыі. У сувязі з сказаным вышэй вызначаецца актуальнасць і мэта дадзенай працы – на прыкладзе Прыпяцкага Палесся ацаніць змяненні і даць прагноз развіцця флоры ў зоне палескай харалагічнай дыз'юнкцыі пад уздзеяннем антрапагенных фактараў.

Матэрыялы і методыка даследаванняў

У аснову работы пакладзены вынікі ўласных фларыстычных даследаванняў, праведзеных на ўсёй тэрыторыі Прыпяцкага Палесся ў 2009–2019 гг. З улікам таго, што флора рэгіёна на працягу многіх дзесяцігоддзяў вывучалася шматлікімі даследчыкамі (І. Пачоскім, М. Твардоўскай, С. Кульчынскім, В. Міхайлоўскай, В. Парфёнавым, Н. Казлоўскай і іншымі), то абагульненне разрозненых звестак і ўласных матэрыялаў дазваляе ацаніць змяненні яе складу і структуры за стагадовы перыяд. Для выяўлення змяненняў флоры выкарыстаны падыход ацэнкі фларыстычных спісаў, раздзеленых значным прамежкам часу. З улікам гісторыі гаспадарчага асваення і даследавання прыроды Палескай нізіны выдзелены наступныя этапы, якія адлюстроўваюць стан флоры: 1) да пачатку XX ст. (блізкі да натуральнага); 2) да сярэдзіны 1950-х гг. (у пачатку маштабнай асушальнай меліярацыі); 3) да сярэдзіны 1980-х гг.

(у час інтэнсіўных асушальных прац); 4) пачатак XXI ст. (сучасны). Пры складанні спісаў відаў раслін да кожнага з этапаў карысталіся шматлікімі літаратурнымі крыніцамі, матэрыяламі гербарных калекцый (BRTU, GMU, LE, LW, MSK, MSKH, MSKU, MW) і вынікамі ўласных даследаванняў. Для ацэнкі маштабаў антрапагенных уздзеянняў на флору выкарыстаны агульнапрынятыя падыходы: ацэнка ўзроўню яе адвентызацыі, сінантрапізацыі, працэсаў знікнення і з'яўлення новых відаў [2].

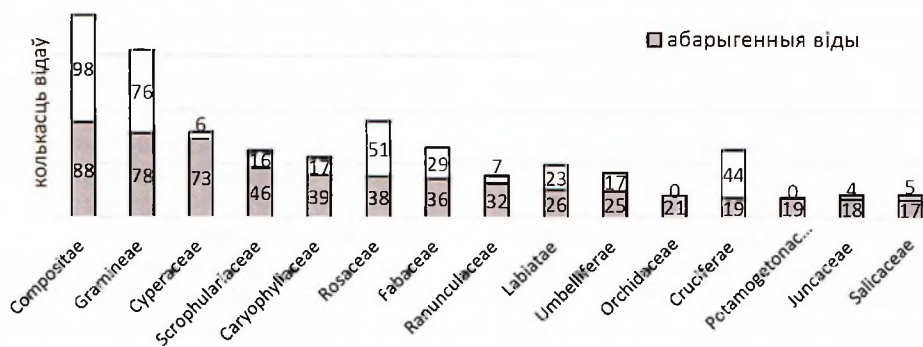
Вынікі і іх абмеркаванне

Згодна з праведзенымі даследаваннямі сучасная сплантанная флора Прыпяцкага Палесся налічвае 1520 відаў сасудзістых раслін (605 родаў і 141 сямейства), якія здольны самастойна вырастаць ва ўмовах паўнатуральных і натуральных экасістэм поўдня Беларусі. Абарыгенная фракцыя флоры ўключае 881 від з 370 родаў і 117 сямействаў. Адвентыўная фракцыя прадстаўлена 639 заноснымі відамі, якія адносяцца да 343 родаў і 79 сямействаў. Яшчэ 633 заносныя віды адзначаны пакуль толькі ва ўмовах культуры і з'яўляюцца патэнцыйнай крыніцай далейшай адвентызацыі флоры ў выніку іх натуралізацыі ў будучым.

Асноўныя змяненні складу і структуры флоры пад уплывам антрапагенных фактараў вызначаюцца двума асноўнымі працэсамі: змяншэннем колькасці абарыгенных відаў і ростам колькасці новых заносных відаў. Так, на працягу апошніх дзесяцігоддзяў са складу флоры Прыпяцкага Палесся, верагодна, знікла 29 абарыгенных відаў, што састаўляе толькі 3,3 % ад іх агульнай колькасці. Аднак у бліжэйшыя дзесяцігоддзі магчыма знікненне шэрагу іншых абарыгенных відаў (*Aster amellus* L., *Euphorbia villosa* Waldst. et Kit. ex Willd. і інш.), стан папуляцый якіх ацэньваецца як крытычны. Большасць зніклых відаў (*Clematis recta* L., *Malaxis monophyllos* (L.) Sw., *Trichophorum alpinum* (L.) Pers. і інш.) у мінулым знаходзіліся тут на межах свайго арэала, што пацвярджае высокую ўразлівасць флоры ў межах палескай харалагічнай дыз'юнкцыі, дзе доля такіх раслін дасягае 25 %. Варта дадаць, што агульная колькасць абарыгенных відаў, улічаных у складзе флоры Прыпяцкага Палесся, у цэлым узрастае, гэта абумоўлена пастаяннымі знаходкамі новых таксонаў (*Arctium nemorosum* Lej., *Hypericum tetrapterum* Fr., *Saxifraga tridactylites* L. і інш.) па прычыне павышэння фларыстычнай вывучаннасці рэгіёна. Аднак колькасць новых заносных відаў узрастае ў значна большых



Малюнак 1. – Дынаміка росту ўзроўню адвентызацыі флоры Прыпяцкага Палесся



Малюнак 2. – Трансфармацыя таксанамічнага спектра флоры

маштабах, што прыводзіць да імклівага росту ўзроўню адвентызацыі прыроднай флоры (малюнак 1).

Прадстаўленыя даныя паказваюць, што суадносіны паміж колькасцю абарыгенных і адвентыўных відаў у складзе флоры Прыпяцкага Палесся за стагадовы перыяд няўхільна павялічваецца на карысць апошніх. Такім чынам, індэкс адвентызацыі флоры (доля адвентыўных відаў да іх агульнай колькасці) з пачатку XX ст. вырас з 0,28 да 0,42, г. зн., што ў цяперашні час у складзе расліннага покрыва толькі 58 % відаў з'яўляюцца абарыгеннымі. З улікам тэндэнцый росту выпадковага заносу новых адвентыўных раслін і натуралізацыі прадстаўнікоў культурнай флоры дадзены паказчык у будучым будзе толькі зніжацца.

Змяненне дадзеных суадносін прыводзіць да скажэння аднаго з найбольш інфарматыўных і важных паказальнікаў у параўнальнай флорыстыцы – спектра галоўных па колькасці відаў сямействаў (малюнак 2).

Малюнак 2 паказвае, што калі прымаць да ўвагі толькі абарыгенныя віды, то дадзены спектр па насычанасці і становішчы асобных сямействаў адлюстроўвае асаблівасці тыповай флоры ўмеранай зоны паўночнага паўшар'я [3]. Абарыгенная флора Прыпяцкага Палесся адносіцца да Cyperaceae-тыпу і Scrophulariaceae-падтыпу і вызначаецца высокім рангам іншых сямействаў (Ranunculaceae, Salicaceae і інш.), характэрных для барэальнай вобласці. Аднак з улікам адвентыўных відаў, якія замацаваліся ў складзе флоры, таксанамічны спектр паказвае на значныя змяненні, што сур'ёзна ўплываюць на ход развіцця флоры. Так, сучасная спантанная флора

адпавядае Rosaceae-тыпу і Cyperaceae-падтыпу і вылучаецца высокім рангам сямействаў (Cruciferae, Labiatae, Fabaceae), характэрных для флор паўднёвых рэгіёнаў Еўропы. Такім чынам, у выніку насычэння адвентыўнымі відамі флора Прыпяцкага Палесся набывае ксератэрмічныя прыкметы, якія з улікам пацяплення клімату ў будучым будуць толькі ўзрастаць.

Дадзеныя працэсы пацвярджаюцца і пры разглядае сінантропнай флоры – сукупнасці заносных і абарыгенных відаў, якія засяляюць парушаныя ў выніку гаспадарчай дзейнасці чалавека месцапражывання. У межах Прыпяцкага Палесся ў цяперашні час налічваецца 910 сінантропных відаў, якія адносяцца да 443 родаў і 101 сямейства. Аднак, індэкс сінантрапізацыі спантаннай флоры (доля сінантропных відаў да іх агульнай колькасці) складае 0,59, што сведчыць пра значную колькасць раслін, якія вырастаюць пераважна ў межах змененых чалавекам фітацэнозаў. Сярод усіх сінантропных відаў 632 з'яўляюцца антрапафітамі і прадстаўлены шматлікімі заноснымі раслінамі (*Amaranthus albus* L., *Helianthus tuberosus* L., *Urtica urens* L. і інш.) з розных рэгіёнаў свету. Да групы апафітаў адносіцца 278 абарыгенных відаў (*Carex hirta* L., *Bromopsis inermis* (Jeys) Holub, *Leucanthemum vulgare* Lam. і інш.), якія ў межах парушаных фітацэнозаў знаходзяць для сябе больш спрыяльныя ўмовы, чым у натуральных экасістэмах. Экалагічны аналіз дадзеных раслін паказвае на значную долю ў складзе сінантропнай флоры цеплалюбівых і засухоўстойлівых відаў, што аддаюць перавагу субкантынентальным кліматычным умовам [4]. Такім чынам,

сінантрапізацыя, абумоўленая ў першую чаргу антрапагеннымі фактарамі, прыводзіць да страты флорай занальных прыкмет барэальнай вобласці на карысць прадстаўнікоў паўднёвых фітахарыенаў.

Важным абагульняючым паказчыкам, які характарызуе працэсы змянення флоры ў выніку антрапагенных уздзеянняў, з'яўляецца каэфіцыент абароту відаў, прапанаваны Дж. Эбатам і Р. Блэк [5]. Ён у абагульненым выглядзе адлюстроўвае з'явы, звязаныя са знікненнем і з'яўленнем як абарыгенных, так і адвентыўных відаў. Аналіз фларыстычных спісаў, складзеных для розных перыядаў развіцця флоры Прыпяцкага Палесся, дазваляе выявіць дынаміку гэтага паказчыка на працягу апошніх дзесяцігоддзяў:

сярэдзіна 1950-х гг. – 0,12;

сярэдзіна 1980-х гг. – 0,24;

пачатак XXI ст. – 0,44.

Даныя сведчаць, што адносна пачатку XX ст., калі флора Прыпяцкага Палесся знаходзілася ў адносна натуральным стане, каэфіцыент абароту відаў сучаснай флоры дасягае 0,44. Такім чынам, працэсы знікнення відаў (у першую чаргу абарыгенных) і з'яўлення новых (як правіла, адвентыўных) у апошні час імкліва ўзрастаюць, што абумоўлена наступствамі антрапагенных уздзеянняў на прыродныя экасістэмы Беларускага Палесся. З улікам таго, што ў складзе культурнай флоры рэгіёна вядома значная колькасць відаў, якія знаходзяцца на першасных стадыях натуралізацыі (*Digitalis lutea* L., *Portulaca grandiflora* Hook і інш.) [6], дадзены працэс у будучым будзе толькі ўзрастаць.

Завяршальным этапам антрапагеннага ўздзеяння на флору нярэдка разглядаецца шырокае распаўсюджванне інвазійных відаў раслін, роля якіх на сучасным этапе флорагенезу імкліва ўзрастае ва ўсім свеце. У цяперашні час у складзе флоры Прыпяцкага Палесся налічваецца 50 такіх відаў. Некаторыя з іх (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr et A. Gray, *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Solidago canadensis* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun і інш.) вылучаюцца найбольшай агрэсіўнасцю і здольны карэнным чынам змяняць натуральныя фітацэнозы.

Выводы

Такім чынам, сучасныя змены флоры ў зоне палескай харалагічнай дыз'юнкцыі абумоўлены комплексам антрапагенных уздзеянняў, сярод якіх галоўная роля належыць наступствам асушальнай меліярацыі. На працягу стагадовага перыяду адбываецца знікненне ўразлівых абарыгенных відаў і нарастальны занос новых адвентыўных. У сукупнасці дадзеныя працэсы прыводзяць да росту каэфіцыента абароту відаў, адвентызацыі і сінантрапізацыі спантаннай флоры. З улікам нарастання дадзеных працэсаў і тэндэнцый змянення клімату ў бок пацяплення, чакаецца далейшая страта флорай занальных рыс барэальнай вобласці і набыццё ксератэрмічных уласцівасцей флор паўднёвых рэгіёнаў.

ЛІТАРАТУРА

1. Парфенов, В. И. Флора Белорусского Полесья. Современное состояние и тенденции развития / В. И. Парфенов. – Минск : Наука и техника, 1983. – 295 с.
2. Бурда, Р. И. Антропогенная трансформация флоры / Р. И. Бурда. – Киев : Наук. думка, 1991. – 168 с.
3. Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Ботан. журн. – 2000. – Т. 85, № 5. – С. 1–11.
4. Мялик, А. Н. Синантропизация флоры Припятского Полесья как показатель ее антропогенной трансформации / А. Н. Мялик, В. И. Парфенов // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 276–285.
5. Abbott, J. Changes in species composition of floras on islets near Perth, Western Australia / J. Abbot, R. Black // J. Biogeogr. – 1980. – № 7. – P. 399–410.
6. Мялик, А. Н. Оценка способности декоративных травянистых растений культурной флоры юго-запада Беларуси к натурализации / А. Н. Мялик // Цветоводство: история, теория, практика : сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 7–13 сент. 2019 г. / Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН [и др.] ; редкол.: Н. Б. Алексеева [и др.]. – СПб., 2019. – С. 102–106.

MODERN CHANGES AND FORECAST OF FLORA DEVELOPMENT IN THE POLESIE CHAROLOGICAL DISJUNCTION ZONE UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC INFLUENCE MIALIK A.

The article considers the consequences of the influence of anthropogenic factors on the natural flora of the Pripjat Polesie after the completion of reclamation works. The assessment of the level of adventization and synanthropization of flora, the scale of its anthropogenic transformation is given. The forecast of a longer development of flora in the zone of Polesie charological disjunction under the influence of anthropogenic influences is made.

УДК 004.9:911.52:504

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БОЛОТА ДУБНИК

А. Н. Полюхович¹, А. Н. Ажгиревич²

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Рассмотрены особенности выявления нарушенных участков болота, главным индикатором которых является оголенная почва. Так, для территории болота Дубник был проведен анализ динамики нарушенных участков на протяжении 34 лет. Данные свидетельствуют о стабильности болотной экосистемы и ее способности к самовосстановлению.

Введение

В 1960–1970-е гг. в Беларуси была проведена широкомасштабная осушительная мелиорация, в этот период осушили 66,3 % болот республики. Теперешняя площадь естественных болот составляет 4,2 % (863 000 га). Крупные болотные массивы с мощной торфяной залежью являются устойчивыми саморегулирующимися системами; они также обладают различными гомеостатическими механизмами, обеспечивающими относительную независимость этих болот от внешних условий. Влияние же их на окружающую среду может быть значительным как в региональном, так и в глобальном масштабах.

Гомеостатический механизм болот – фитоценоотический; в его основе лежат изменения в растительном покрове, обусловленные колебаниями водного режима, на который растения болот очень чутко реагируют. Известно, что всякой системе присущи свои пороговые нагрузки. Превышение их ведет к нарушению гомеостаза или к необратимым нарушениям. Болота различных типов выносят довольно широкую амплитуду изменения отдельных факторов. Превышение границ пороговых нагрузок разрушает систему и вызывает деградацию болотных экосистем [1]. Поэтому очень важно правильно оценить допустимые нормы воздействия, превышение которых может вызвать необратимые процессы распада. В одних случаях деградация болот благоприятствует состоянию природной среды, в других, наоборот, оказывает отрицательное воздействие [2].

Антропогенные преобразования болотных систем тесно связаны с их устойчивостью. Устойчивость экосистемы – это ее способность сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов. Устойчивость болотных систем зависит от сложности и слитности

болотных систем и от величины соприкосновения с внешней средой, соседними экосистемами, особенно – антропогенными с высокой степенью трансформации [1, 2].

Существует подход к проведению геоэкологических оценок территории, который основан на понятии стабильности территории – способности геосистем функционировать, не изменяя собственную структуру, и находиться в равновесии в течение длительного периода времени. Геоэкологическая стабильность – это состояние природных систем, допускающее незначительную перестройку их структуры при антропогенном воздействии.

Цель исследования – оценка геоэкологической стабильности болота Дубник в отношении устойчивости к антропогенным воздействиям.

Методика и объекты исследования

В работе использовались сравнительно-географический, картографический, математический, геоинформационный методы и методы дистанционных исследований. Спутниковые снимки были получены со спутников Landsat-5, Landsat-8 (находятся в открытом доступе на сайте геоэкологической службы США) [3]. Съемка была произведена в августе 1986 г., 1994, 2010, 2020 гг. Обработка космических снимков осуществлялась в ПО QGIS. Нами были созданы мультиспектральные изображения с использованием возможностей плагина Semi-Automatic Classification, затем была осуществлена комбинация спектральных каналов данных Landsat в порядке SWIR-NIR-RED. Для Landsat-5 – это каналы 5, 3, 4 (таблица 1), а для Landsat-8 – это каналы 6, 5, 4 (таблица 2).

В синтезе SWIR-NIR-RED здоровая растительность выглядит ярко-зеленой, а оголенные (непокрытые характерной растительностью) почвы – розовато-лиловыми [4]. Дополнительной обработки не производилось.

Таблица 1. – Основные характеристики сканера TM Landsat-5

Спектральный канал	Длина волны, мкм	Разрешение (на один пиксель), м
Band 1 – Blue	0,45–0,52	30
Band 2 – Green	0,52–0,60	»
Band 3 – Red	0,63–0,69	»
Band 4 – NIR	0,76–0,90	»
Band 5 – Shortwave Infrared (SWIR) 1	1,55–1,75	»
Band 6 – Thermal	10,40–12,50	»
Band 7 – SWIR 2	2,08–2,35	»

Таблица 2. – Основные характеристики сканера ETM+ Landsat-8

Спектральный канал	Длина волны, мкм	Разрешение (на один пиксель), м
Канал 1 – побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue)	0,433–0,453	30
Канал 2 – синий (Blue)	0,450–0,515	»
Канал 3 – зеленый (Green)	0,525–0,600	»
Канал 4 – красный (Red)	0,630–0,680	»
Канал 5 – ближний ИК (Near Infrared, NIR)	0,845–0,885	»
Канал 6 – ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2)	1,560–1,660	»
Канал 7 – ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3)	2,100–2,300	»
Канал 8 – панхроматический (Panchromatic, PAN)	0,500–0,680	15
Канал 9 – перистые облака (Cirrus, SWIR)	1,360–1,390	30

На основании анализа космических снимков нами была выявлена гетерогенность болота Дубник в бинарном ключе: нарушенные участки, которые соответствуют лишенным или почти лишенным растительного покрова участкам, и стабильные, которые покрыты характерной для данной болотной системы растительностью на протяжении значительного периода наблюдений. Таким образом были определены 2 класса территории болота: относительно устойчивые к антропогенным воздействиям и подверженные трансформациям.

Для территории болота Дубник и для участков, лишенных растительности, были посчитаны спектральные индексы NDVI, NDWI, NBR. NDVI является стандартизированным индексом, который показывает наличие и состояние растительности (относительную биомассу). Вычислялся он по формуле:

$$NDVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red)),$$

где для Landsat-5 NIR – 4 канал; Red – 3 канал; а для Landsat-8 NIR – 5 канал; Red – 4 канал. Интерпретация полученных данных была произведена на основании таблицы 3.

Таблица 3. – Состояние растительности в соответствии со значениями вегетационного индекса

Значения NDVI	Состояние растительности
0–0,10	Оголенная почва или нет данных (облачность на снимке)
0,10–0,20	Разреженная растительность
0,20–0,30	Угнетенное
0,30–0,40	Очень плохое
0,40–0,55	Удовлетворительное
0,55–0,70	Хорошее
0,70–1,00	Очень хорошее

Нормализованный разностный водный индекс (NDWI) отражает содержание влаги в растениях и почве. Высокие значения NDWI соответствуют высокому содержанию воды в растениях и покрытию высокой растительной фракцией. Низкие значения NDWI соответствуют низкому содержанию растительности и покрытию с низкой растительностью. Вычисляется он по формуле:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR),$$

где для Landsat-5 Green – 2 канал; NIR – 4 канал; а для Landsat-8 Green – 3 канал; NIR – 5 канал. Индекс NDWI используется для оценки риска возникновения пожара на основе определения наличия влаги в растительном покрове. Более высокие значения NDWI указывают на достаточную влажность, в то время как низкие значения – на нехватку воды.

Стандартизованный индекс коэффициента выжигания (NBR) использует каналы NIR и SWIR для выделения выжженных областей, одновременно приглушая разницу в освещении и атмосферных явлений. Является показателем пирогенных повреждений растительности. Вычисляется он по формуле:

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR),$$

где для Landsat-5 NIR – 4 канал; SWIR – 5 канал; а для Landsat-8 NIR – 5 канал; SWIR – 6 канал. Интерпретация полученных данных была произведена на основании таблицы 4.

Таблица 4. – Распределение по степени повреждения

Класс нарушений	Значение NBR
Отсутствует	–0,19 до –0,04
Низкий	–0,05 до 0,29
Умеренный	0,03 до 0,45
Сильный	0,46 и выше

Результаты и их обсуждение

Территория болота Дубник расположена в междуречье Припяти, Простыри и Стыри. Доминируют низинные осоковые и тростниковые болота, по берегам рек местами произрастают черноольховые леса и кустарники, на возвышенных местах – пойменные луга. Важной особенностью болота Дубник является его расположение на границе с Украиной, где оно входит в единый трансграничный болотный массив. Благодаря проведенному авторскому ручному дешифрированию были определены границы болота Дубник. Площадь болота составляет около 7000 га.

В тектоническом отношении район болота Дубник приурочен к юго-восточному отрогу Полесской седловины. По геоморфологическому районированию территория болота входит в состав области Полесской низменности. В орографическом отношении исследуемая территория соответствует западной части Лунинецкой низменности.

Территория болота отличается ровным пониженным рельефом. Абсолютные гипсометрические отметки на пойме составляют 136–137 м, на низине – 138–139 м. Поверхность осложнена небольшими золовыми грядами и в основном приурочена к высотам 139–141 м.

Из довольно крупных водотоков территорию болота также дренирует Воротец и Плеса. Старая мелиоративная сеть в пределах угодья пребывает в запущенном состоянии. Уровень грунтовых вод находится на глубине 0,1–0,9 м, а на заторфованных участках – на уровне поверхности почвы.

В пределах болота Дубник осуществляет деятельность 7 землепользователей. Основными формами хозяйственного использования этой территории является ведение лесного и сельского хозяйства, любительское рыболовство. В сельскохозяйственных целях территория болота используется как сенокосы. В настоящее время пашни не разрабатываются. В окрестностях д. Парэ в пределах болота Дубник осуществляется выпас домашнего скота.

Строительство в междуречье Припять – Простырь мелиоративных систем привело к локальному понижению уровня грунтовых вод. Несмотря на тот факт, что часть расположенных на территории болота мелиоративных систем, которые были построены до 1970-х гг., в настоящее время не функционируют, вывод воды через отдельные каналы возможен. Это мелиоративные системы ур. Свиданец (южнее д. Хойно); ур. Гровацкая-Поляна и Жорынь – центральная часть. Значительно более серьезное влияние на гидрологический режим болота оказывают мелиоративная система ур. Заберис и мелиоративная система севернее д. Остров, а также мелиоративная система в ур. Березовец-Гайки, находящаяся на территории Украины южнее территории заказника.

Существующие мелиоративные каналы и староречья в разные сезоны времени способствуют как притоку воды на территорию междуречья, так и (в значительно большей степени) оттоку воды. Вся территория имеет блюдцеобразную форму, краевые части, ограниченные руслами рек, несколько приподняты. Весной во время паводка почти вся территория затапливается. После падения уровня воды в реках (Припять, Простырь) территория междуречья остается затопленной, и отток воды происходит через действующие каналы и, возможно, староречья.

К резким колебаниям уровня воды во время паводка приводит дамбирование пойм рек (Простырь, Гнилая Припять, Стырь, Припять). До сооружения дамб затапливаемая территория занимала значительно большую площадь. Паводковые воды более равномерно распределялись по всей площади междуречья Припяти – Стыри, Припяти – Простыря – Стыри.

В настоящее время в связи с дамбированием территории площадь распределения паводковых вод значительно сократилась, в то же время объем воды, поступающий во время паводка, уменьшился не столь значительно. Это вызывает более быстрый

подъем воды и значительно более высокий уровень паводка [5–7].

На основе проведенного в 2018 г. локального мониторинга на территории болота Дубник в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь выявлена угроза зарастания открытых (луговых и болотных) экосистем кустарниками, существующая на всем протяжении болотного комплекса. Степень проявления и скорость увеличения проективного покрытия кустарниками зависит от гидрорежима территории.

Угрозу для экосистемы болота Дубник представляет нарушение гидрологического режима, вызванное действием крупных гидромелиоративных систем, расположенных на сопредельных территориях, а также системы каналов на территории болота. Кроме того, угрозой для открытых участков болота является ускорение растительных сукцессий (увеличение проективного покрытия тростников, рогоза, ивняка), обусловленное как нестабильным гидрологическим режимом, так и изменением землепользования, главным образом сокращением объемов сенокосения и заготовки ивняков на дрова. Отмечена угроза биологического загрязнения – вдоль р. Простырь распространяется инвазионный вид – эхиноцистис лопастной.

На территории болота Дубник прогнозируются уменьшение площади естественных луговых и пойменных сообществ, изменения в их видовом составе и общее снижение кормовой ценности на фоне повышения продуктивности травостоев вследствие бурьянизации (зарастания крупнотравья) [8].

В результате оцифровки по синтезу каналов SWIR-NIR-RED (рисунок 1, 3, 5, 7) было получено 4 картографических произведения, отражающих площадное распространение участков с оголенной почвой (рисунок 2, 4, 6, 8).

ГИС-анализ показал, что наибольшая площадь участков болотного массива, лишенных растительного покрова, наблюдалась в августе 1994 г. и составила более 855 га (рисунок 9).

С 1986 по 1994 г. наблюдается наибольшая концентрация нарушенных участков в пределах поймы р. Припять (рисунок 2, 4). Возникновение этих участков в пойме р. Припять и в центральной части болота к 1986 г. объясняется проведением в 1970-е гг. на территории болота наиболее интенсивных мелиоративных работ, в отдельных случаях появление нарушенных участков вызвано болотными пожарами. К 1994 г. образовались участки открытой почвы в пойме р. Гнилая Припять (рисунок 4), что связано с мелиоративными работами (на завершающей стадии) в начале 1990-х гг. на прилегающих к пойме реки территориях с севера и юга. В 2010–2020 гг. наблюдалось заметное уменьшение площадей участков болота Дубник, лишенных растительного покрова, связанное с саморегенерирующими функциями болота (рисунок 6, 8), естественным зарастанием. Однако процессы саморегенерации в меньшей степени затронули пойму р. Припять, что, по нашему мнению, обусловлено спецификой гидрологического режима реки.

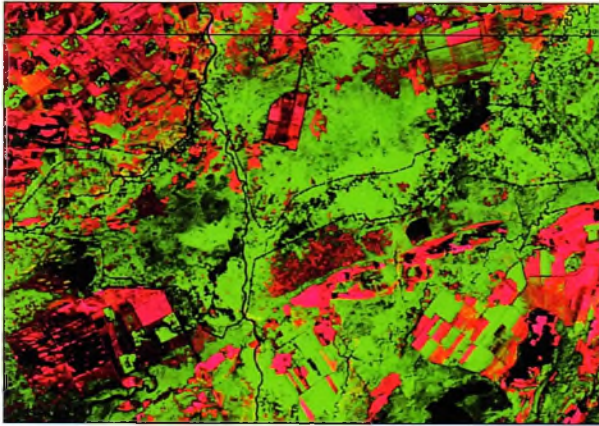


Рисунок 1. – Синтез каналов SWIR-NIR-RED, август 1986 г.

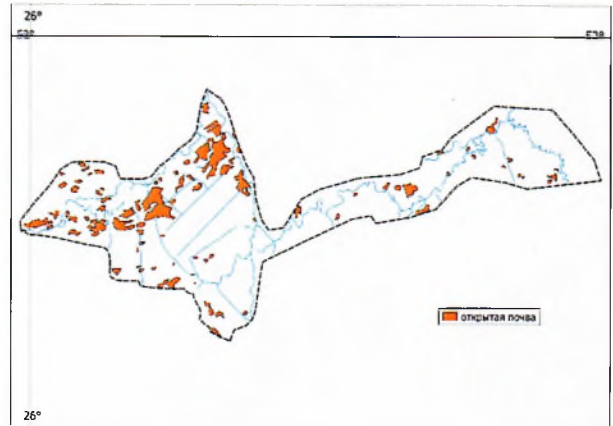


Рисунок 2. – Участки, лишённые растительного покрова, август 1986 г.

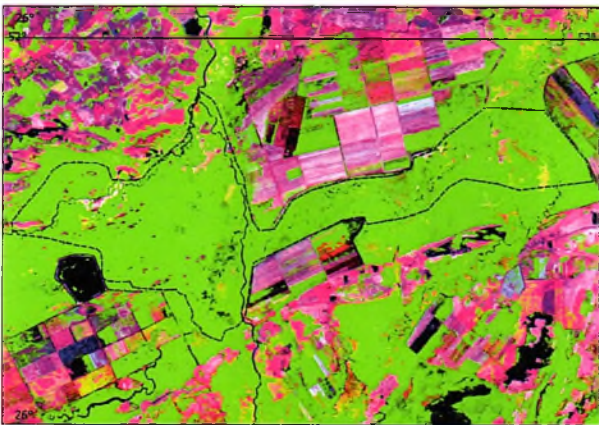


Рисунок 3. – Синтез каналов SWIR-NIR-RED, август 1994 г.

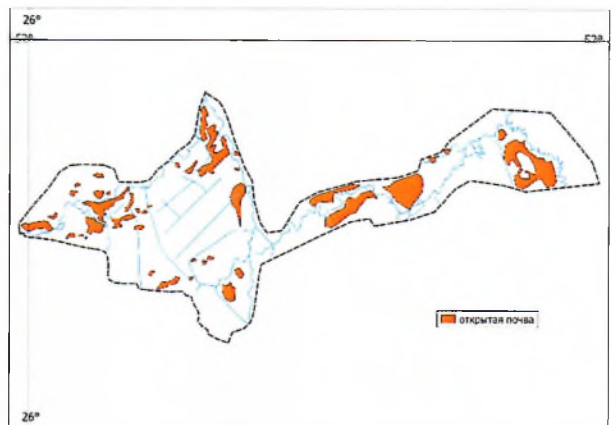


Рисунок 4. – Участки, лишённые растительного покрова, август 1994 г.

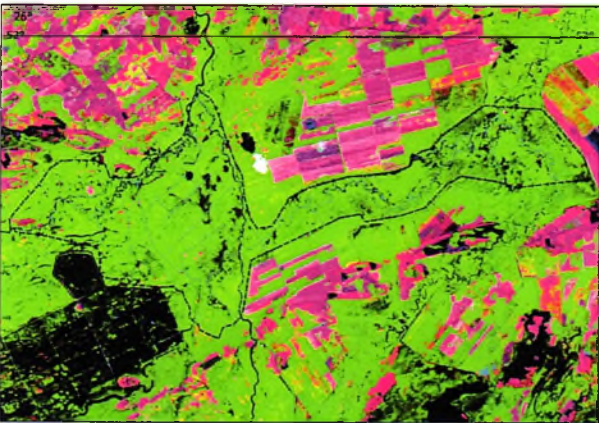


Рисунок 5. – Синтез каналов SWIR-NIR-RED, август 2010 г.

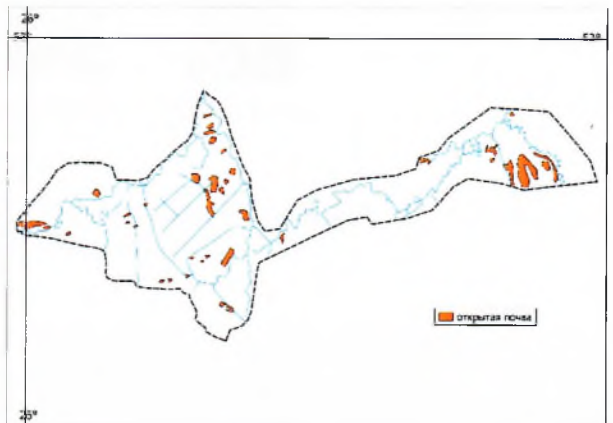


Рисунок 6. – Участки, лишённые растительного покрова, август 2010 г.

На картографических произведениях, отражающих значения спектральных индексов NDVI и NDWI, также различимы участки с открытой почвой (рисунки 10–17). Для NDVI нарушенные участки имеют значения, соответствующие разреженной растительности, для NDWI – в августе 1986 г. большего содержания влаги, чем часть болота, покрытая растительностью, и уменьшением этого значения к августу 2020 г.

На рисунках 18, 19 представлена динамика средних значений спектральных индексов NDVI и NDWI за период с 1986 по 2020 г. Наблюдается увеличение значений индекса NDVI и уменьшение значений индекса NDWI. Среднее значение индекса NDVI имеет меньшие значения для оголенной почвы, чем среднее значение этого же индекса для всего болота. Это свидетельствует о увеличении площади растительного покрова и улучшении состояния расти-

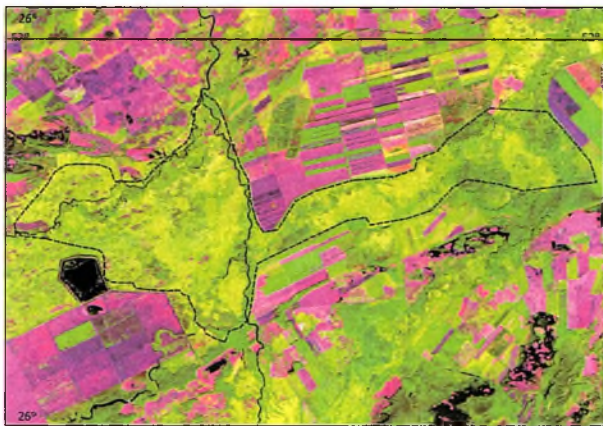


Рисунок 7. – Синтез каналов SWIR-NIR-RED, август 2020 г.

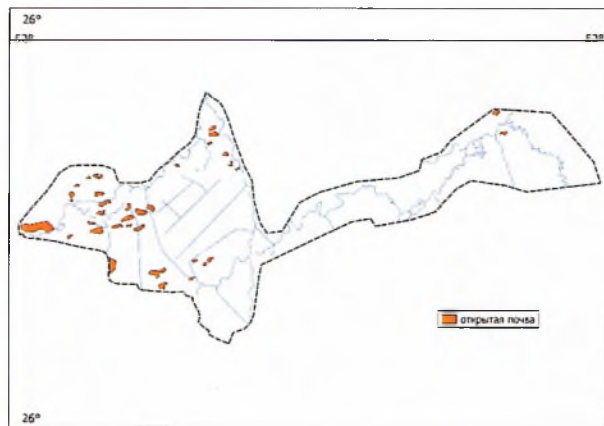


Рисунок 8. – Участки, лишенные растительного покрова, август 2020 г.

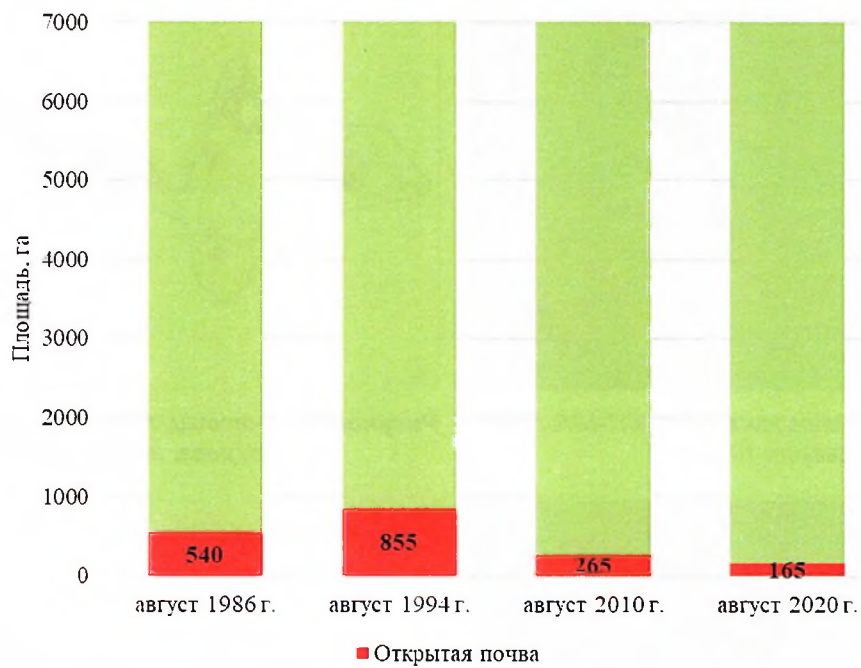


Рисунок 9. – Динамика площадей участков болота Дубник, лишенных растительного покрова

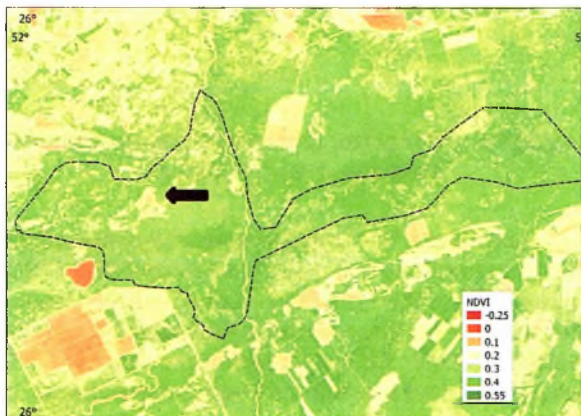


Рисунок 10. – Индекс NDVI, август 1986 г.



Рисунок 11. – Индекс NDWI, август 1986 г.

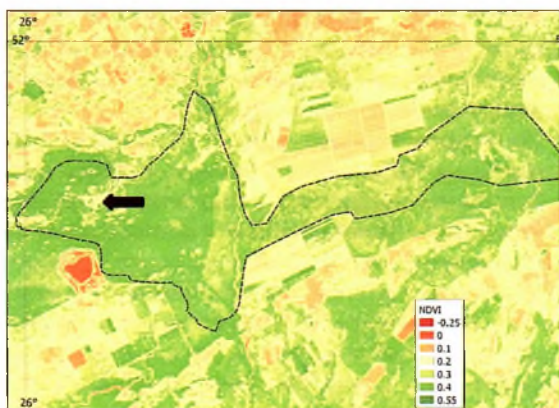


Рисунок 12. – Индекс NDVI, август 1994 г.



Рисунок 13. – Индекс NDWI, август 1994 г.

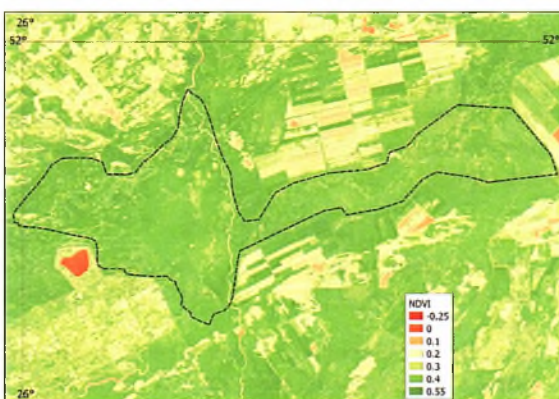


Рисунок 14. – Индекс NDVI, август 2010 г.

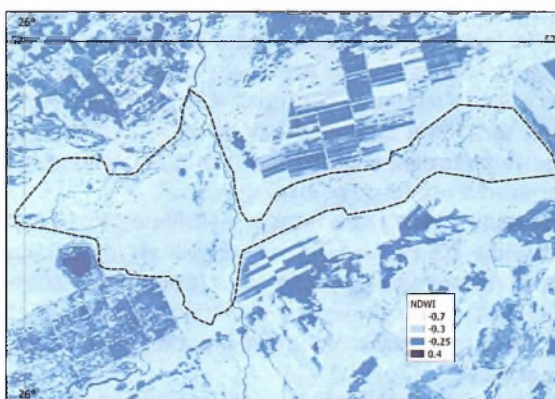


Рисунок 15. – Индекс NDWI, август 2010 г.

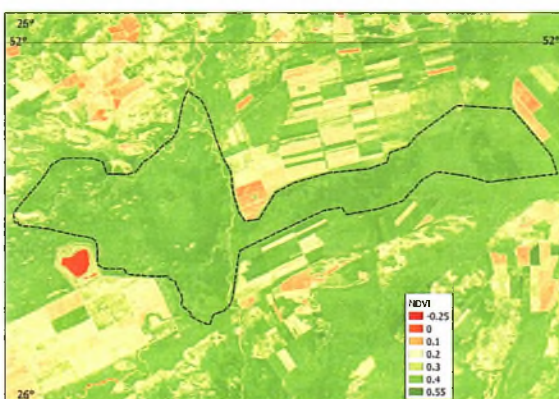


Рисунок 16. – Индекс NDVI, август 2020 г.

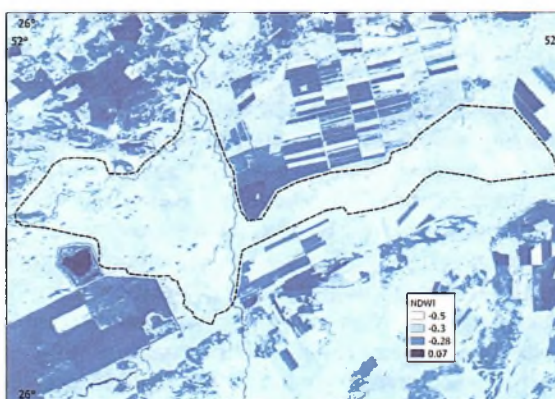


Рисунок 17. – Индекс NDWI, август 2020 г.

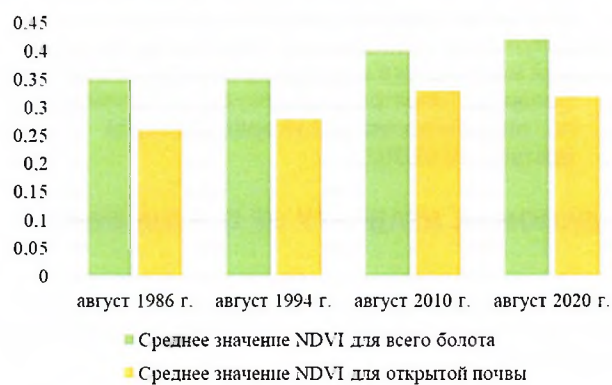


Рисунок 18. – Динамика значений индекса NDVI



Рисунок 19. – Динамика значений индекса NDWI

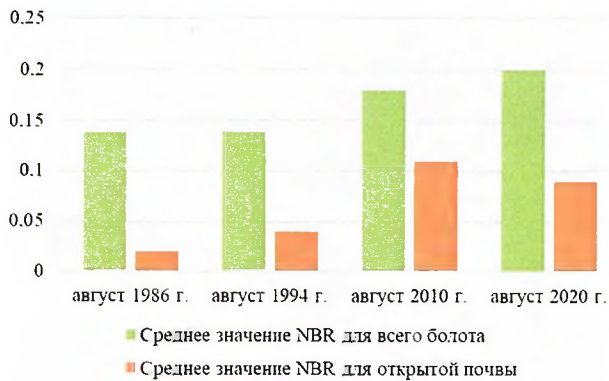


Рисунок 20. – Динамика значений индекса NBR

тельности как на территории всего болота в целом, так и на участках почвы со скудной, нетипичной растительностью. Среднее значение индекса NDWI для всего болота меньше, чем среднее значение индекса для участков с оголенной почвой. Содержание влаги на участках с оголенной почвой больше, чем содержание влаги во всем болоте.

Динамика значений индекса NBR представлены на рисунке 20. Наблюдается низкий уровень пирогенного повреждения, при этом просматривается тенденция на увеличение значений индекса для всего болота и для оголенных участков почв.

Выводы

Таким образом, ретроспективное использование космических снимков, полученных в комбинации спектральных каналов SWIR-NIR-RED, позволяет выявить достоверную динамику антропогенных преобразований болотных геоэкосистем на основании измененности биотического компонента за длительный промежуток времени (34 года).

Последствием интенсивных гидромелиоративных работ, изменения гидрологического режима в пределах самого болота Дубник или же около его границ стало возникновение и расширение участков с открытыми почвами, практически лишенных растительного покрова. После окончания периода наибольшего антропогенного влияния в виде осушительных гидротехнических мелиоративных работ к началу 1990-х гг. болотный массив пережил за 10 лет наиболее выраженные последствия (в 1990-е гг. наблюдается значительные площади оголенных почв, в 1994 г. – более 855 га). Впоследствии в течение 20 лет происходили процессы самовосстановления болота Дубник и нарушенные площади сократились до 165 га (август 2020 г.), одновременно наблюдалось зарастание некоторых открытых участков кустарничковой и древесной растительностью, что в долгосрочной перспекти-

ве может привести к формированию лесоболотного комплекса. В настоящее время на болото оказывается минимальная антропогенная нагрузка в виде сенокоса и выпаса домашнего скота.

По нашему мнению, исходя из невысокой доли нарушенных земель по отношению к общей площади болотного ландшафта и многолетней динамики, геоэкосистему болота Дубник в целом можно классифицировать как слабонарушенную, способную к обратимым изменениям биотического и абиотического компонента, в значительной степени саморегулируемую и устойчивую к антропогенным воздействиям. С учетом наблюдаемой в последние десятилетия тенденции к уменьшению уровня антропогенного воздействия в данной местности следует ожидать дальнейшее восстановление всей совокупности природных компонентов нарушенных участков болота Дубник. К факторам риска можно отнести радикальные трансформации гидрологического режима региона вследствие климатических изменений, пожары различного вида и масштабов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болота Западной Сибири – их роль в биосфере / А. А. Земцов [и др.]. – Томск : ТГУ, СибНИИТ, 2000. – 72 с.
2. Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования / С. Э. Вомперский [и др.]. – М. : ГЕОС, 1999. – 392 с.
3. Геологическая служба США [Электронный ресурс] // EarthExplorer. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. – Дата доступа: 26.07.2021.
4. Жиленев, М. Ю. Вегетационные индексы / М. Ю. Жиленев // Геоматика. – 2009. – №9. – С. 56–64.
5. Разработка плана управления республиканским заказником «Простырь» : отчет о НИР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/27155359/documents/BY1611_mgt1602.pdfhttps://rsis.ramsar.org/RISapp/files/23381542/documents/BY2141_mgt200518.pdf?language=fr. – Дата доступа: 10.07.2021.
6. Национальный атлас Беларуси / Кам. па зямельных рэсурсах і картаграфіі Рэсп. Беларусь. – Минск, 2002. – 292 с.
7. Географический атлас учителя : пособие для учителей учреждений общего среднего образования / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь. – Минск : Белкартография, 2016. – 392 с.
8. Результаты наблюдений национальной системой мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/content/402.html>. – Дата доступа: 10.07.2021.

USE OF GIS-TECHNOLOGIES TO ASSESS GEO-ECOLOGICAL STABILITY OF DUBNIK SWAMP PALIUKHOVICH A., ASHGIREVICH A.

The article deals with the peculiarities of the disturbed areas detection in the swamp, the main indicator of which is the bare soil. Thus, the dynamics of the disturbed areas within the territory of the Dubnik swamp has been analyzed for 34 years. The data indicate the stability of the swamp ecosystem and its ability to self-repair.

УДК 574.4:631.4 (476)

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

М. Л. Романова¹, Г. В. Ермоленкова¹, А. Н. Червань²

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

На фоне почти критических климатических изменений планетарного масштаба возрастают экологические и социальные запросы населения. Для управления природными экосистемами уже сейчас надо использовать современные методы исследований как наземные, так и аэрокосмические. В этом плане луга являются очень существенным и уязвимым природным объектом.

Согласно многолетним наблюдениям за луговой и лугово-болотной растительностью в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды, в Беларуси зарастание луговых земель деревьями и кустарниками происходит быстрыми темпами: за 30 лет площадь лугов сократилась на 16 %, а в последние годы «зеленый пожар съедает» от 7 до 10 % в год. Земли, по своим природным качествам считающиеся луговыми, часто заняты сельскохозяйственными культурами (в основном под кукурузой), а также они зарастают лесом и кустарниками. Сохранение, поддержание и повышение продуктивности лугов – важное условие как для развития сельскохозяйственной отрасли экономики, так и для сохранения биоразнообразия. Оно возможно при условии комплексной инвентаризации луговых экосистем, организации севооборота и реабилитации нарушенных сообществ, а также применения других приемов организации лугово-пастбищных хозяйств, минимизирующих негативное воздействие на травяные сообщества. Участвуя в Полесском регионе продолжительные засухи в сочетании с малоснежными теплыми зимами, способствуют распространению теплолюбивых и засухоустойчивых степных видов растений и трансформации растительных сообществ, определяя неустойчивость урожаев культурных и продуктивность дикорастущих растений.

Сотрудниками лаборатории геоботаники и картографии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси в 2011–2015 гг. было выполнено около 600 описаний луговых фитоценозов в Припятском Полесье. В геоботанических описаниях учитывались видовой состав; проективное покрытие видов (%); укосы травостоя (1 м²); агроботанические группы, виды растений распределялись на пять классов кормовой ценности; биологическая и хозяйственная урожайности. Кормовая ценность луговых угодий колеблется в значительных пределах как из-за варьирования почвенно-грунтовых условий, нерационального использования лугов, так и в связи с изменением гидрологического режима и поемности в местах спрямления или дамбирования рек. Подробно описывались луговые местообитания (рельеф, почвы, условия увлажнения и т. д.). Полученные данные являются основой для выделения эталонных луговых участков, которые могут быть использованы для многоцелевых мониторинговых исследований.

Луговые фитоценозы, за исключением болотных, редко образуют однородные контуры пло-

щадью более 5 га. Более характерны для луговых земель сочетания ареалов почвенных разновидностей и растительных ассоциаций, образующие хорошо различимые на космоснимках, повторяющиеся в пространстве узоры, отражающие целый комплекс физико-географических показателей, что позволяет отнести такие сочетания (комбинации) к категории закономерно организованных природных систем – «геосистем» или «типов земель».

База аэрокосмических разновременных снимков может служить основой для экологического и хозяйственно-функционального зонирования территории, организации мониторинга состояния лугов, и в целом, характеризовать динамику растительности по геосистемам в Полесском регионе. Произведено распределение земель Припятского Полесья по общему характеру процессов формирования на «внепойменные» и «пойменные».

В границах поймы р. Припяти и прилегающих районов выделено 22 геосистемы, которые отчетливо дифференцируют территорию в соответствии с наиболее характерными ее особенностями, что позволяет осуществлять системно-детализированный подход к оценке природных особенностей региона при организации сельскохозяйственной, природоохранной и туристической деятельности. К пойменным землям относится 314 072 га, что составляет 59 % от общей территории. По количеству описанных геоботаниками луговых ассоциаций на поймы приходится 46 %, на водоразделы – 23 % описаний, на депрессии – 17 %, на первую надпойменную террасу – 14 %. Хорошо выраженные понижения рельефа, аккумулирующие воды, стекающие с водоразделов, относятся к категории «депрессий» по форме «долинообразных» и «озеровидных» (компактных) – «неглубоких» с минеральными почвами и «глубоких» с преобладанием торфяных почв. Часто глубокие депрессии представляют собой спущенные или заросшие (заторфованные) озера. Особенно многочисленны и разнообразны геосистемы пойм и земли надпойменной террасы. В Полесье такие геосистемы представлены 11 вариантами в соответствии с геоморфологическими условиями, типом аллювия и характером увлажнения.

Наибольшее распространение лугов отмечено в следующих геосистемах: *поймы прирусловые, гривистые и центрально-гривистые*. Относятся к категории природных комплексов, в формировании которых отражается деятельность аллю-

виальных процессов. Встречаются во всех районах Припятского Полесья. В поймах рек Припяти, Желони, Словечны на супесчано-песчаном аллювии эти почвы образуют сложные сочетания – комплексы высокого, среднего и низкого уровня. Пойменные комплексы отличаются высокой степенью неоднородности. В таких условиях формируются почвы пойменные неразвитые на аллювии, преимущественно песчаном, откладывающемся при большой скорости течения в прирусловой пойме. Прирусловые, гривистые и центрально-гривистые составляют охранную зону, не допускающую никакой хозяйственной деятельности. Естественная растительность представлена лугами-пустошами злаковыми или разнотравными, нередко развеваемые пески закреплены ивой-шелугой, только в центрально-гривистых поймах имеются в межгривных понижениях луга, типичные для пойм низкого и среднего уровня. Отдельными участками во всех пойменных категориях встречаются пойменные дубравы, иногда черноольшаники. Данные геосистемы занимают в Припятском Полесье более 20 % территории и распространены во всех районах.

Поймы центральные низкого уровня. Это наиболее распространенный вариант геосистем в пойме Припяти, характеризуется высокой степенью заболоченности на рыхлом аллювии, относится к числу минеральных пойм, занимающих, как правило, полосы, приближенные к руслу реки. В почвенном покрове таких земель самые большие площади приходятся на долю аллювиальных дерновых глеевых почв (70 %), 20 % составляют торфяные и 10 % иловато-глеевые. Контуры почв линзовидно-линейной формы, резко контрастные, обуславливающие сильную и очень сильную неоднородность земель. Луга заливные, заболоченные закустаренные разными видами ив, осоковые, преимущественно крупноосоковые. В основном такие геосистемы представлены в Пинском и Столинском районах, занимают около 23 % площади поймы.

Поймы центральные среднего уровня. Почвы пойменные дерновые и дерновые заболоченные, почвообразование идет по тому же типу, что на водоразделах и в депрессиях при близком УГВ. Занимают в общем относительно повышенное положение в поймах, но все-таки различаются по высоте, о чем можно судить по составу почвенных комбинаций: 1-я – в почвенном покрове преобладают аллювиальные дерновые слабogleеватые и глееватые почвы (80 %) и 20 % приходится на глеевые; 2-я – фон образуют дерновые глеевые (70 %), расчлняемые аллювиальными торфяными (15 %) и иловато-глеевыми (15 %) – более высокая неоднородности земель второго типа происходит из-за быстрого течения воды во время разливов, где образуются водоройны, в которых впоследствии развиваются иловато-глеевые или торфяные почвы. Состав естественной растительности на лугах также в общих чертах имеет сходство с растительностью земель неглубоких депрессий. Комплексы центральной поймы среднего уровня используются под луговые угодья. Сравнительно непродолжительное

затопление таких пойм и быстрое просыхание после весеннего разлива способствует сельскохозяйственному использованию, которое в основном сводится к выпасу скота и сенокосению. Некоторые участки центральной поймы среднего уровня, где осуществлены гидромелиоративные мероприятия, превращены в пашню. Луга заболоченные чистые и закустаренные крупнозлаковые. Данные геосистемы занимают 13 % от площади поймы и встречаются на всем ее протяжении.

Поймы центральные высокого уровня. Почвы пойменные дерновые и дерновые заболоченные (слабogleеватые). Общая неоднородность почвенного покрова очень велика. Преобладают луга заболоченные чистые и закустаренные. Наиболее распространены в Столинском, Лунинецком, Житковичском и Мозырьском районах.

Останцы первой надпойменной террасы. Выделяются природные комплексы трех высотных уровней. Особенностью их являются высокоплодородные палеопойменные дерновые почвы, в которых эти почвы сочетаются с пойменными дерновыми заболоченными или торфяными. Природные комплексы среднего уровня используются в пашне с древних времен, а низкого – превращены в пахотные земли после осушения. Луга заболоченные чистые и закустаренные. Такие геосистемы составляют всего 9 % от поймы Припяти и сосредоточены в Пинском и Житковичском районах.

Староречища широкие среднего уровня. Геосистемы в виде сравнительно неширокой полосы ритмично чередующихся лентовидных контуров разных по степени увлажнения почв. Данные геосистемы выделены как «староречища». Между деревнями Федоры и Колодное староречище явно прорывает более раннее образование неширокий валообразный останец 1-й надпойменной террасы среднего уровня. Почвы дерновые, дерново-глеевые, торфяно-глеевые. Такие геосистемы составляют всего 2 % от поймы Припяти и сосредоточены в основном в Столинском и Лунинецком районах.

Переходные зоны. Геосистемы повышенной сложности «переходные зоны» – участки, на которых сочетаются не почвенные разновидности, а почвенные комбинации, где биологическое разнообразие достигает максимально возможных пределов. Данные геосистемы можно рассматривать как рефугиумы – хранилища генофонда местной флоры и фауны. Экологическая значимость их гораздо выше хозяйственной.

Депрессии глубокие (зоторфованные). Это преимущественно низинные болота. Почвенный покров однообразный, состоит из торфяных низинного типа (90 %) и дерновых заболоченных (10 %) почв. В основном произрастают сосновые чернично-долгомошные, долгомошно-сфагновые и черноольховые леса. Большая часть таких экосистем осушена и освоена в сельскохозяйственном производстве. Осушенные торфяники с мощностью торфа менее 1 м целесообразно залуживать и использовать как улучшенные сенокосы, с мощностью торфа более 1 м можно использовать под пашней, но при этом

многолетние травы должны составлять не менее 50 %. Луга заболоченные чистые и закустаренные. Данные депрессии в основном приурочены к Лунинецкому, Пинскому и Петриковскому районам.

Проведенная дифференциация (зонирование) поймы Припяти и прилегающих земель свидетельствует о том, что наиболее распространены следующие типы пойм: центральная; 1-я надпойменная терраса; центрально-гривистая; прирусловая; гривистая. Они относятся к категории природных комплексов, в формировании которых отражается деятельность аллювиальных процессов. Пойменные комплексы отличаются значительной степенью неоднородности, особенно типичной для пойм низкого и среднего уровня.

Ввиду быстро меняющейся экологической обстановки важно использовать аэрокосмические методы, позволяющие наиболее точно и быстро уловить изменения. Для слежения за состоянием луговых угодий в ближайшее время будет создан

программный комплекс учета и оценки состояния естественных лугов Припятского Полесья. Это позволит как ученым, так и практикам пользоваться материалами тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и выполнять оперативный учет и оценку состояния луговых экосистем поймы р. Припять и на прилегающих землях. Разрабатываемые методы и технология будут базироваться на использовании данных космической и аэрофото съемки, на наземных (эталонных) участках. Будут применяться архивные материалы аэрофото- и космоснимки территории с 1946 г., что позволит реконструировать местопроизрастания лугов по архивным материалам, снизить затраты на выполнение наземных работ по инвентаризации естественных лугов, создать прогнозные карты развития ситуации при условиях от негативных до оптимальных. Эта тактика позволит прорабатывать различные сценарии и повысить контроль за состоянием луговых экосистем.

MODERN APPROACHES TO THE STUDY OF MEADOW ECOSYSTEMS OF THE PRIPYAT POLESIE ROMANOVA M., ERMOLENKOVA G., CHERVAN A.

Against the background of almost critical climatic changes on a planetary scale, it is necessary to use modern research methods, both terrestrial and aerospace, to manage natural ecosystems. In this regard, meadows are a very significant and vulnerable natural object.

УДК 691.544

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТА

Н. С. Ступень

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Представлены экспериментальные данные по использованию вторичного сырья в виде комплексной модифицирующей добавки, состоящей из стеклобоя и электросталеплавильного шлака, в магнезиальное вяжущее на основе каустического доломита. Разработанные составы композиционных магнезиальных вяжущих на каустическом доломите рекомендованы для производства строительных изделий, эксплуатируемых в помещениях с влажностью более 60 %.

Введение

Проблема накопления твердых бытовых отходов производства и потребления является одной из главных экологических проблем Республики Беларусь. Ежегодно на территории страны образуется около 33–34 млн т производственных отходов, в том числе токсичных – около 24 млн т, а также свыше 3 млн т твердых коммунальных отходов. Всего в стране свыше 1400 видов отходов с широким спектром морфологических и химических свойств [1].

Комплексное использование сырья и отходов связано с решением проблемы создания безотходных и экологически чистых промышленных технологий. Разработка и освоение безотходных технологий имеет огромное значение для предприятий ресурсоемких отраслей промышленности, таких как химическая, металлургическая, угольная, целлюлозно-бумажная и строительных материалов.

Доля использованного вторичного сырья в производстве строительных материалов незначительна. При современном уровне и масштабах потребления природных сырьевых материалов значение фактора полноты использования и вовлечения в общественное производство вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Роль этого фактора особенно велика при оценке экономической эффективности народного хозяйства в различных его отраслях, в том числе отходов производств, сельского хозяйства и некондиционных природных полезных ископаемых.

Замена традиционного природного сырья промышленными твердыми бытовыми отходами приносит значительный экономический эффект. Немаловажным фактором в современных условиях является также то, что при утилизации многотоннажных отходов существенно сокращаются площади земель, отчуждаемых под карьеры, резко снижается загрязнение воздушного и водного бассейнов [2].

В настоящее время одним из направлений технического прогресса в промышленности строительных материалов стало широкое использование попутно добываемого сырья и отходов промышленности, создание комплексных производств, а также утилизация твердых бытовых отходов.

Металлургия традиционно является одним из главных «поставщиков» техногенного сырья для промышленности строительных материалов.

Особенность ее многотоннажных отходов заключается в том, что техногенное сырье уже прошло высокотемпературную обработку, кристаллические структуры в отходах сформированы, и они не содержат органических примесей. Наибольшее применение получили доменные шлаки черной металлургии.

С экологической точки зрения наиболее трудно утилизируемым твердым отходом считается стекло. Оно не подвергается разрушениям под воздействием воды, атмосферы, солнечной радиации, мороза. Кроме того, стекло – это коррозионностойкий материал, который не разрушается под воздействием большинства сильных и слабых органических, минеральных и биокислот, солей, а также грибов и бактерий. Стекло способно сохраняться без особых разрушений десятки и даже сотни лет. Поэтому очень важным экологическим аспектом является использование стеклобоя в качестве добавок при производстве строительных материалов.

Цель исследований – разработка составов композиционных магнезиальных вяжущих на основе каустического доломита с использованием вторичного сырья: электросталеплавильного шлака и стеклобоя.

Методика и объекты исследования

Для исследований использовали полуобжиговый доломит месторождения Руба (Витебская область); раствор бишофита ($MgCl_2 \cdot 6 H_2O$) с массовой долей $MgCl_2$ 15 %; стеклобой бытовых отходов с размером частиц 10^{-3} мм (КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»); молотый электросталеплавильный шлак (Белорусский металлургический завод (ОАО «БМЗ – Управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин)). Химический состав гранулированного шлака, используемого для исследований, следующий: SiO_2 – 30–40 %, CaO – 30–50 %, Al_2O_3 – 4–20 %, MnO – 0,5–2 %, FeO – 0,1–2 %, SO_3 – 0,4–2,5 %. Шлаки – это искусственные силикаты, состоящие из оксидов кремния, алюминия, железа, кальция, магния, марганца, серы и др. Соотношение тех или иных минералов определяется не только химическим составом шлаков, но и условиями их охлаждения.

В экспериментальных исследованиях использованы физико-химические методы, определение показателей пористости образцов определяли по кинетике водопоглощения.

Для оценки влияния комплексной добавки, состоящей из стеклобоя и молотого электросталеплавильного шлака, на водостойкость образцов из магнезиального цемента приготавливали композиционные вяжущие с содержанием добавок с различным массовым содержанием компонентов (от 0 до 25 %). В качестве затворителя использовали раствор природного бишофита плотностью $1,28 \text{ г/см}^3$. Исследование свойств композиционных вяжущих проводили на образцах-кубиках $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$, изготовленных из теста нормальной густоты литевым способом. Добавки вводили на стадии помола полуобожженного доломита. Исследуемые образцы твердели в воздушно-сухих условиях (28 сут). Перед испытанием образцы высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Результаты и их обсуждение

Экологичность, декоративность, повышенная прочность на изгиб, высокая прочность на сжатие, малая усадка, быстрое твердение, не требующее влажного хранения как для бетонов на портландцементе, хорошая износостойкость (в три раза выше, чем у портландцемента), стойкость к действию масел, лаков, красок, органических растворителей, щелочей, солей, включая сульфаты, очень высокая огнестойкость – это перечень преимуществ магнезиальных вяжущих по сравнению с портландцементом. Но магнезиальные цементы на каустическом магнезите и доломите имеют ряд отрицательных качеств при схватывании и структурообразовании, а изделия из магнезиального цемента обладают низкой водостойкостью.

Ранее была возможность утилизации стеклобоя в виде тонкодисперсной добавки в магнезиальный цемент на каустическом доломите и разработаны составы стеклокломагнезиальных композиций с содержанием стеклобоя 20–25 % по массе [3]. В таблице приведены результаты исследований влияния комплексной модифицирующей добавки состоящей и стеклобоя и шлака на водостойкость образцов из магнезиальных вяжущих на основе каустического доломита.

Таблица. – Зависимость коэффициента размягчения и водопоглощения образцов от содержания стеклобоя и шлака (размер частиц 10^{-3} мм)

Содержание стеклобоя, %	Содержание шлака, %	Коэффициент размягчения (Кр)	Водопоглощение по массе (W), %
0	0	0,55	15,5
20	0	0,60	10,5
0	20	0,61	15,0
5	5	0,63	14,7
10	5	0,70	12,9
15	10	0,70	11,2
20	15	0,75	9,3
25	20	0,81	9,5
20	20	0,84	8,9
25	25	0,85	9,0

Результаты наших исследований показывают, что наиболее высокими показателями водостойкости (низкими показателями водопоглощения и высокими показателями коэффициента размягчения) обладают образцы, изготовленные из смесей, содержащих 20–25 % стеклобоя и 20–25 % шлака. Водопоглощение образцов на основе композиционного вяжущего оптимального состава уменьшается примерно в 1,7 раз, а коэффициент размягчения увеличивается примерно в 1,5 раза.

Действие добавок стеклобоя и шлака при твердении магнезиального цемента на основе каустического доломита связано с протеканием химического взаимодействия между аморфной формой SiO_2 и оксидами и гидроксидами магния и кальция в растворе хлорида магния с образованием труднорастворимых соединений. Физико-химическими методами исследования установлено, что в модифицированном цементе уменьшается содержание кристаллической фазы гидроксида магния (брусита) и увеличивается доля конденсационной и коагуляционной структур гидросиликатов и гидроалюмосиликатов магния и кальция. За счет введения в состав магнезиального цемента стеклобоя и шлака удается значительно улучшить параметры пористости затвердевших образцов: показатель однородности пор увеличивается примерно в 1,7 раза, а средний размер пор стал в 2,5 раза меньше. Это объясняется тем, что образующиеся в модифицированном цементном камне гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроалюмосиликаты магния и кальция, а также их комплексы с хлоридом магния имеют несколько больший объем, чем исходные вещества. Возникновение новообразований протекает через стадию аморфной гелевидной фазы, которая в сочетании с кристаллической и коагуляционной улучшает поровую структуру цементного камня, повышает плотность и прочность образцов из модифицированных вяжущих. Кроме этого, коллоидные частицы микрокремнезема, который присутствует в стеклобое и шлаке, являются дополнительными центрами кристаллизации этих новообразований.

Выводы

1. Установлена возможность утилизации стеклобоя и электроплавильного шлака в виде тонкодисперсной комплексной добавки в магнезиальный цемент на каустическом доломите.

2. Разработаны составы магнезиальных композиционных вяжущих с содержанием стеклобоя и шлака (20–25 % по массе), характеризующиеся высокими прочностными и водостойкими показателями. Повышение водостойкости образцов из композиционного вяжущего объясняется возникновением труднорастворимых новообразований в цементном камне и улучшением поровой структуры.

3. Показана возможность замены 40–50 % каустического магнезита вторичным сырьем при производстве строительных материалов, что позволяет уменьшить их стоимость и способствует решению экологической проблемы по утилизации вторичного сырья и твердых отходов. Разработанные составы композиционных магнезиальных вяжущих на каустическом доломите могут быть рекомендованы для использо-

вания в производстве строительных изделий, эксплуатируемых в помещениях с влажностью более 60 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнедов, А. Н. Отходы производства. Обращение, учет, платежи в бюджет за размещение / А. Н. Гнедов. – Минск : Дикта, 2014. – 256 с.
2. Алехин, Ю. А. Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве

строительных материалов / Ю. А. Алехин, А. Н. Люсов. – М. : Стройиздат, 1988. – 344 с.

3. Ступень, Н. С. Стекломагнезиальные композиции: экологические аспекты / Н. С. Ступень // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац / Палес. аграр.-экалаг. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст, 2018. – Вып. 11. – С. 98–100.

USE OF SECONDARY RAW MATERIALS FOR MODIFICATION MAGNESIA BINDER BASED ON CAUSTIC DOLOMITE STUPEN N.

Experimental data on the use of secondary raw materials in the form of a complex modifying additive consisting of cullet and electroslag in a magnesian binder based on caustic dolomite are presented. The developed compositions of composite magnesia binders on caustic dolomite are recommended for the production of construction products that are operated in rooms with a humidity of more than 60 %.

УДК 528.88:556.5

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ

Н. А. Федонюк, В. В. Федонюк, А. О. Мозолук

Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина

Волинская областная МАН, г. Луцк, Украина

Рассмотрены некоторые возможности применения материалов дистанционного зондирования Земли для оценки изменения береговой линии озер, меандрирования речных русел, пространственных отличий влажности почвы. Особенности использования многоканальных снимков Landsat-8, Sentinel-2 для мониторинга водных ресурсов на примерах отдельных районов и территорий Волинской области.

Введение

Мониторинг состояния водных ресурсов является одной из приоритетных задач природоохранной деятельности. Сейчас, в период очевидных региональных проявлений климатических изменений, эта задача приобретает и сугубо прикладной характер. В последние годы Полесье, традиционно являясь влагоизбыточным регионом, испытывает уменьшение влагозапасов в связи с изменением режима выпадения и количества осадков, ростом температуры воздуха и соответствующим увеличением испаряемости. В результате существенно понижаются уровни воды в реках, озерах, водохранилищах, высыхают переувлажненные участки и некоторые болотные массивы, наблюдается сильное срабатывание уровней подземных вод и т. д. В связи с этим возникают проблемы с водоснабжением отдельных населенных пунктов и хозяйственных объектов, в сфере сельскохозяйственного производства, туристической привлекательности рекреационных районов и т. п.

Оперативный контроль состояния водных ресурсов помогает избежать ряда подобных проблем или хотя бы вовремя к ним адаптироваться. Но охватить наблюдениями с использованием методик традиционного мониторинга сотни и тысячи водных объектов региона практически нереально. В такой ситуации во многом может помочь использование возможностей и материалов дистанционного зондирования Земли [1].

Методика и объекты исследования

В работе использовались материалы анализа мультиспектральных космических снимков аппаратов Landsat-8 и Sentinel-2 с применением автоматической классификации (преимущественно по индексу NDWI) онлайн-сервисов Sentinel-HUB и LandViewer. Оценка изменения береговой линии проводилась для озер Свитязьское и Любязь по материалам снимков 2018–2019 гг., для участков рек Стырь и Горынь – по снимкам Google Earth с 2003 г.

Результаты и их обсуждение

В наше время существует немало сервисов, предоставляющих доступ к космическим снимкам и некоторые возможности для их анализа. При этом оперативные снимки высокого разрешения остаются преимущественно платными и дорогими, но в то же время появился открытый доступ к массивам

многоканальных снимков, которые характеризуются меньшей разрешающей способностью, но большей информативностью.

Наиболее популярными на сегодня являются данные, полученные спутниками Landsat-8 (работает с 2013 г.) от Геологической службы США и Sentinel-2 (работает с 2015 г.) от Европейского космического агентства [2]. У этих аппаратов более 10 каналов съемки на разных длинах волн в оптическом и инфракрасном диапазонах (с разрешающей способностью от 15 до 100 м/пиксель), которые позволяют получить много дополнительной информации о состоянии территорий и акваторий. Кроме многоканальности, существенное преимущество данных снимков – оперативность получения (в нашем регионе есть возможность анализа новых снимков фактически еженедельно, а иногда и через каждые 2–3 дня).

Сервисы просмотра снимков предлагают много стандартных комбинаций каналов или даже возможность создания собственных (как, например, в LandViewer от компании EOS Data Analytics). Наиболее распространены вегетационные индексы (NDVI и др.), по которым также косвенно можно оценивать влагообеспеченность. Но есть и специальные «водные» комбинации – NDWI, NDSI, NDMI и др. При этом довольно часто расчет этих индексов исследователями производится по-разному, что усложняет сопоставимость результатов. Поэтому для крупномасштабных работ важно проводить верификацию индексов, полученных из дистанционных данных, путем сравнения результатов с полевыми материалами по ключевым участкам. Для более общих оценок достаточно и автоматических классификаций снимков, предоставляемых упомянутыми онлайн-сервисами (пример на рисунке 1).

Как следует из этого примера, в региональном разрезе очень неплохо (а в цветном оригинале намного лучше) отображены отличия индекса влажности между Полесской низменностью и Волинской возвышенностью, а также между отдельными морфоструктурами и частями речных бассейнов. Но при попытке подобным образом отследить динамику увлажненности с помощью снимков лета – осени 2019 г. мы столкнулись с некоторым несоответствием индексов на снимках касательно реальных изменений, наблюдаемых на местности (например, не фиксировалось осязаемое снижение индекса при

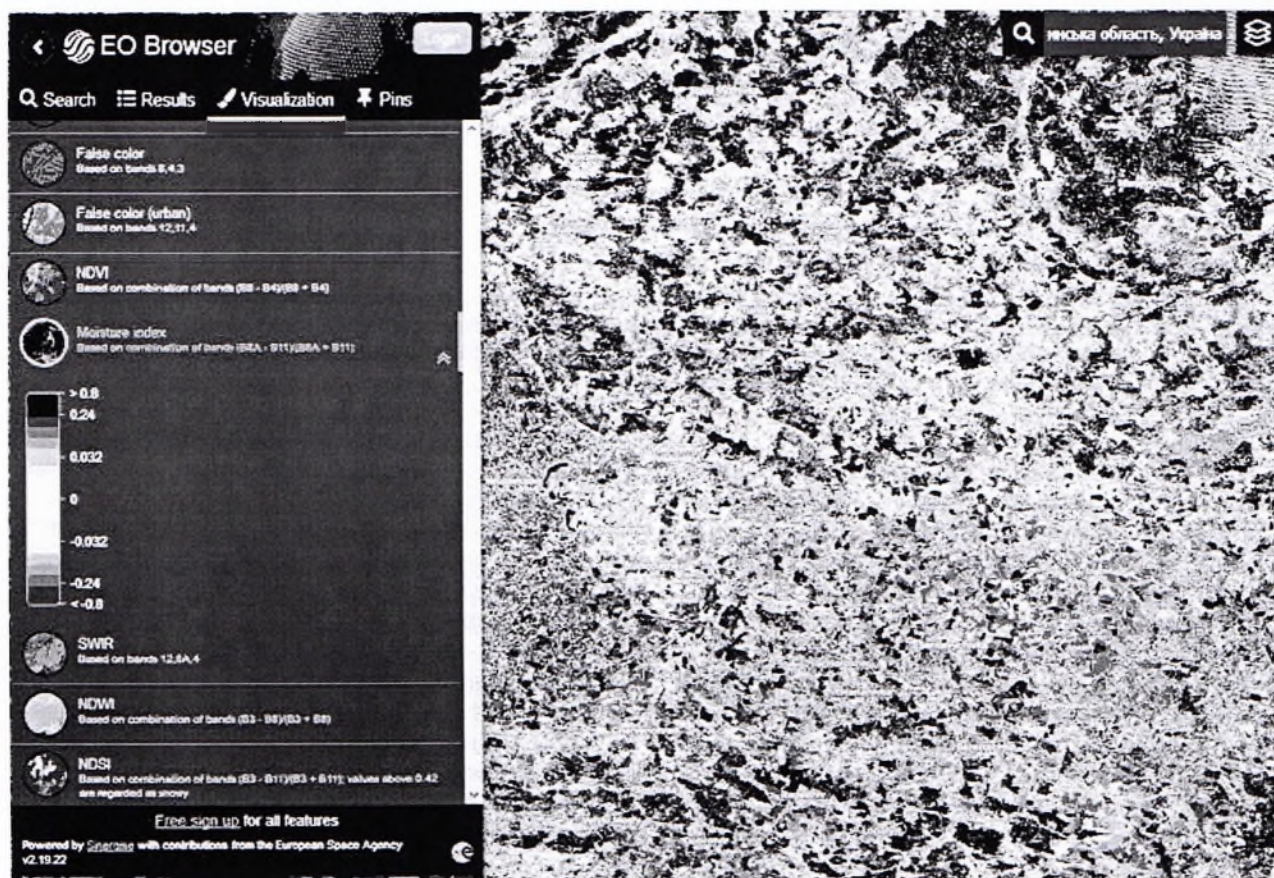


Рисунок 1. – Отображение территории Волынской области в комбинации каналов «Moisture index» спутника Sentinel-2 в браузере от Sentinel-HUB

сильном понижении уровня грунтовых вод на протяжении двухнедельного безосадкового периода).

Значительно более репрезентативные результаты показывает анализ индекса NDWI (Normalized difference water index), который «специализирован» для открытых водных поверхностей. С его помощью хорошо получается оценивать площадь водного зеркала и конфигурацию береговой линии озер и водохранилищ. В сервисе LandViewer есть возможность классификации снимков за произвольным количеством классов поверхности. При этом по NDWI площадь поверхности под водой практически не меняется при задании либо 2, либо даже 10 классов, но в то же время индекс влажности / сухости окружающей территории меняется с соответствующей степенью детализации.

С помощью этих инструментов мы проанализировали изменение площади озер Свитязь (Шацкий район) и Любязь (Любешовский район). За сезон 2018–2019 гг. амплитуда изменения площади водного зеркала оз. Свитязь составила до 250 га, оз. Любязь (рисунок 2) – до 80 га. Максимальное сокращение площади обоих озер фиксировалось в октябре–ноябре 2019 г.

Классификация по NDWI на снимках Sentinel-2 и Landsat-8 в целом похожа, но не всегда сопоставима. Например, на снимках территории Любешовского района, полученных от этих спутников с разницей в 1 день (14 и 15 октября 2019 г.), водная поверхность идентифицируется одинаково (4,02 км²), но соотно-

шение остальных показателей и классов влажности отличается многократно.

В целом использование мультиспектральных снимков значительно расширяет возможности мониторинга водных ресурсов Полесья, но при этом требует учета особенностей как источника снимков и выбранных инструментов их классификации, так и конкретного объекта и района проводимых исследований.

Отдельного внимания заслуживает применение снимков оптического диапазона. Наиболее используемыми из них являются снимки из приложения GoogleEarth, большинство из которых характеризуются высоким пространственным разрешением, позволяющим выявлять видимые изменения водных объектов. Путем сравнения таких снимков за разные годы нам удалось оценить масштабы размывания берегов некоторых участков рек Стырь и Горынь (примеры на рисунке 3).

GoogleEarth позволяет также измерять линейные и площадные объекты непосредственно на снимке. Но при этом важно помнить, что база данной программы не является однородной, она составлена из снимков разных космических аппаратов, полученных с разной высоты и под разным углом съемки. Поэтому расположение одного и того же объекта на снимках может не совпадать, и это несоответствие иногда составляет несколько метров, иногда – десятки метров. Соответственно, например, измерение смещения берега реки при сравне-

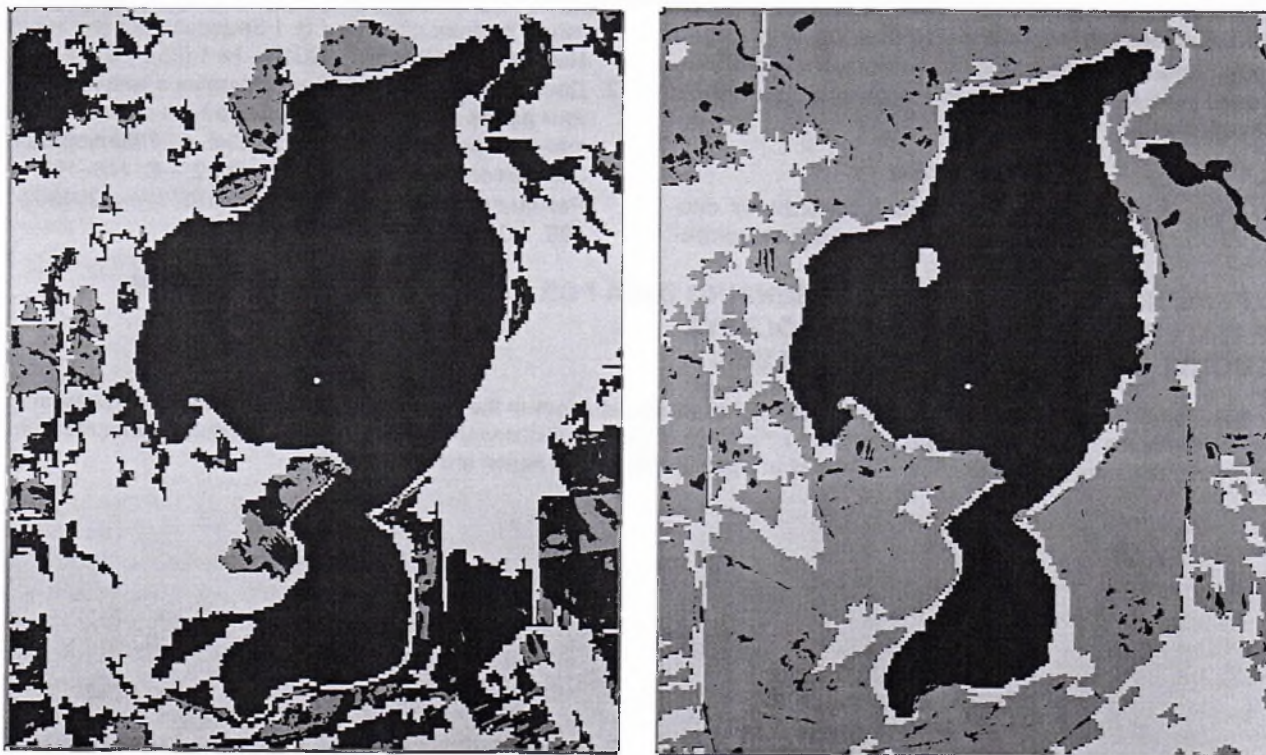


Рисунок 2. – Сравнение площади водного зеркала оз. Любязь за снимками Sentinel-2 с помощью инструментов классификации EOS LandViewer (1-й снимок – 2.04.2019 г., площадь озера 4,7 км², 2-й – 1.07.2019 г., площадь 4,04 км²)

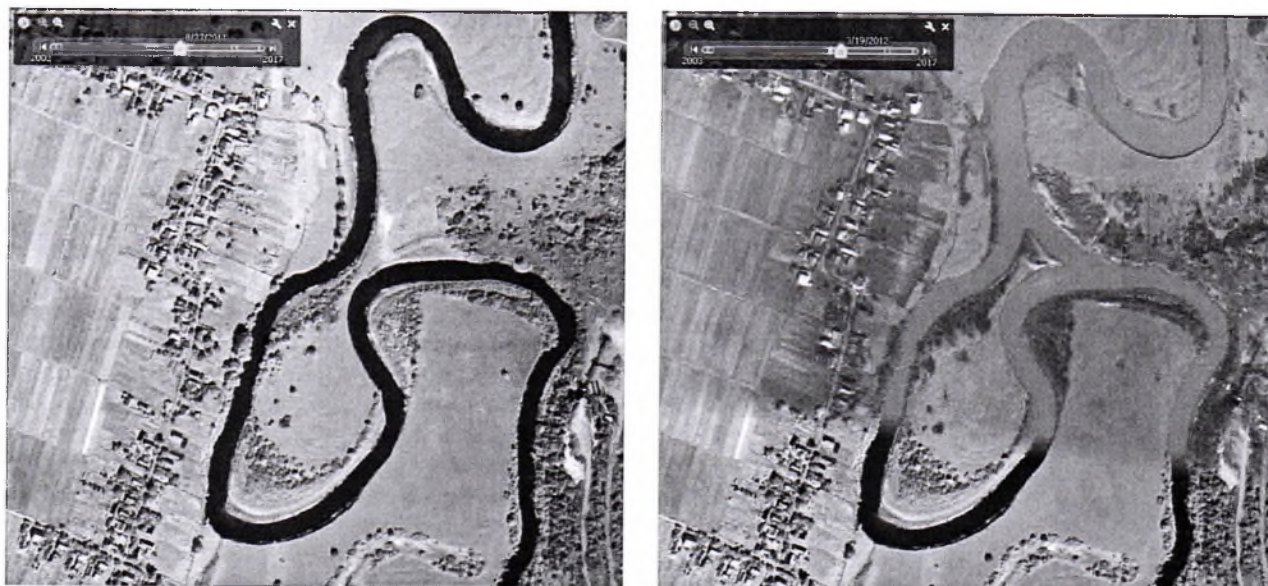


Рисунок 3. – Спрявление русла р. Горынь на снимках GoogleEarth 2011–2012 гг.

нии нескольких разнотипных снимков может быть ошибочным. В таких случаях необходимо проводить дополнительную коррекцию снимков и их обработку в ГИС-приложениях. Существенным ограничением в сфере использования GoogleEarth является также невысокая частота и нерегулярность появления новых изображений.

Еще один сравнительно новый онлайн-сервис PlanetExplorer предоставляет уникальную возможность доступа к ежедневным снимкам исследуемой территории. К сожалению, пока качество рассмотрен-

ных снимков для нашего региона, несмотря на заявленное разрешение 3–5 м/пиксель, часто является значительно менее качественным в сравнении со снимками Sentinel-2 (с их разрешением 15–30 м/пиксель). Но в будущем этот сервис может стать мощным инструментом оперативного мониторинга, в том числе и водных ресурсов.

Выводы

Существующие сегодня сервисы просмотра и анализа материалов дистанционного зондирования Земли предоставляют широкие возможности

для мониторинга водных ресурсов, но имеют ряд ограничений и особенностей, которые нужно учитывать при каждом конкретном индивидуальном исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Використання технологій геоінформаційних систем та дистанційне зондування Землі для моніторингу водних об'єктів / В. І Зацерковний [та ін.] // Наукоємні технології. – 2017. – № 1 (33). – С. 78–88.
2. Дослідження водних об'єктів України з використанням даних дистанційного зондування землі [Електронний ресурс] / S. Shevchuk [et al.] // Меліорація і водне господарство. – 2019. – № 2. – С. 146–156. – Режим доступу: <https://doi.org/10.31073/mivg201902-198>. – Дата доступу: 20.01.2020.

EXPERIENCE OF USE OF REMOTE SENSING DATA FOR ASSESSMENT OF THE STATE OF WATER RESOURCES OF WEST POLESYE FEDONYUK M., FEDONYUK V., MOZOLYUK A.

Some possibilities of using remote sensing data for assessing changes in the coastline of lakes, meandering of rivers, and spatial differences in soil moisture are considered. Features of using multichannel images of Landsat-8 Sentinel-2 for monitoring of water resources by the examples of individual districts of the Volyn region are considered.

УДК 576.89: 599.323:626.861 (476)

ВОЗБУДИТЕЛИ ГЕЛЬМИНТОЗООНОЗОВ У МЕЛКИХ ГРЫЗУНОВ, НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ В БРЕСТСКОМ ПОЛЕСЬЕ

В. В. Шималов

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Анализируются результаты исследования за три периода (1996–1999, 2005–2010, 2015–2019 гг.) на наличие возбудителей гельминтозоонозов у мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в Брестском Полесье. У 9 видов грызунов обнаружено 15 видов возбудителей гельминтозоонозов, а зараженность ими составила 7,3 % (первый период), 9,9 % (второй период) и 7,3 % (третий период). На берегах мелиоративных каналов установлены фоновые виды грызунов и животные-индикаторы зараженности возбудителями гельминтозоонозов. Обсуждается участие этих животных в распространении инвазии и риск заражения людей.

Введение

Мелиоративные системы с открытыми каналами являются неотъемлемой частью ландшафтов Белорусского Полесья, трансформированных осушительной мелиорацией. Именно мелиоративные каналы считаются [1] одними из эпидемически неблагополучных участков на мелиорированных территориях. Они заселяются и посещаются беспозвоночными и позвоночными животными, которые способствуют накоплению и циркуляции там различных видов гельминтов, включая возбудителей гельминтозоонозов. Населяют берега мелиоративных каналов мелкие млекопитающие, среди которых встречаются грызуны. Так, зараженность мелких грызунов гельминтами, известными в мире как паразиты человека, может достигать до 9,4 % [2].

Научный и практический интерес представляет современная оценка ситуации по распространению возбудителей гельминтозоонозов у грызунов, населяющих берега открытых каналов мелиоративных систем, и риск заражения ими жителей Полесья.

Методика и объекты исследования

В период исследований 2015–2019 гг. в Брестском Полесье (западная часть Белорусского Полесья; Брестский, Жабинковский и Малоритский районы Брестской области) на модельных мелиоративных системах для отлова мелких грызунов вдоль берегов открытых каналов через 1,5–2 м друг от друга выставлялись дилки «Геро» по 25 шт. на 4 дня, что равнялось 100 ловушко-суткам (л-с). Приманкой служили кусочки ржаного хлеба, порезанные кубиками и обжаренные на подсолнечном масле. Отработано 4000 л-с: по 1000 л-с на берегах каналов в смешанных лесах, на пахотных землях, выгонах и у грунтовых и асфальтированных дорог. Поймано 510 экземпляров мелких грызунов 8 видов. Информация о видовом составе животных, количестве исследованных и зараженных возбудителями гельминтозоонозов представлена в таблице 1.

Грызунов исследовали методом полных гельминтологических вскрытий, компрессирования тканей и органов. Идентификации гельминтов способствовали определители [3–8] и данные монографий [9, 10]. При обработке материала применяли общепринятые в паразитологии показатели: экстенсивность инвазии – ЭИ (% зараженных животных), интенсивность инвазии – ИИ (количество экземпляров

паразитов в одном зараженном животном), индекс обилия – ИО (среднее количество экземпляров паразитов в обследованных животных).

Для полноты информации анализируются наши опубликованные данные, полученные на этих же мелиоративных системах в 1996–1999 гг. (первый период исследований) [11] и 2005–2010 гг. (второй период исследований) [2]. Здесь учтены сведения о таком возбудителе гельминтозоонозов, как цестода *Taenia martis* (Zeder, 1803), появившиеся в печати [12, 13] после опубликования наших работ о гельминтофауне мелких грызунов, отловленных на берегах открытых каналов в Белорусском Полесье [2, 11].

Результаты и их обсуждение

Из таблицы 1 видно, что зараженность возбудителями гельминтозоонозов самцов выше, чем самок (9,0 и 5,6 % соответственно), а половозрелых особей значительно выше, чем неполовозрелых (12,6 и 0,4 % соответственно). На основе многолетнего мониторинга закономерности в зараженности самцов и самок нами не установлено (в первый период ЭИ составила 6,6 и 8,1 соответственно, во второй – 10,0 и 9,7, в третий – 9,0 и 5,6), а вот процент зараженности половозрелых особей в сравнении с неполовозрелыми оказался в 6 раз выше в первый и второй периоды (14,8 и 2,4; 17,3 и 2,9 соответственно) и в 31,5 раза выше в третий период (12,6 и 0,4 соответственно).

Таблица 1. – Видовой состав, количество исследованных и зараженных возбудителями гельминтозоонозов мышевидных грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в Брестском Полесье (2015–2019 гг.)

Вид животного	Количество исследованных/зараженных				Всего
	♂	♀	П	НП	
Соня орешниковая	1/–	–	–	1/–	1/–
Полевка обыкновенная	76/1	96/1	55/2	117/–	172/2
Полевка рыжая	47/7	46/4	64/11	29/–	93/11
Полевка-экономка	21/–	41/1	29/1	33/–	62/1

Окончание табл. 1

Вид животного	Количество исследованных/зараженных				Всего
	♂♂	♀♀	П	НП	
Мышь полевая	50/9	40/2	70/11	20/–	90/11
Мышь желтогорлая	40/5	39/6	59/10	20/1	79/11
Мышь лесная	7/–	4/1	7/1	4/–	11/1
Мышь домовая	2/–	–	1/–	1/–	2/–
Итого	244/22	266/15	285/36	225/1	510/37

П р и м е ч а н и е. Символами ♂♂ обозначены самцы; ♀♀ – самки; буквами П – половозрелые особи; НП – неполовозрелые особи.

Из 12 видов грызунов, пойманных на берегах мелиоративных каналов в первый и второй периоды [2, 11], в третьем оказалось только 8 (таблица 1). Отсутствовали в сборах 2015–2019 гг. темная (пашенная) полевка, мышь-малютка, серая крыса и лесная мышовка. Эти виды грызунов эпизодически появляются на берегах каналов, не образуют стойких популяций. Мышь-малютка, вероятно, исчезнет там в связи с постоянным выкашиванием берегов и склонов каналов. Орешниковая соя, ведущая преимущественно древесный образ жизни, случайно оказывается на берегах каналов.

Инвазированность грызунов возбудителями гельминтозоонозов за все 3 периода составила 8,2 %. Если в 1996–1999 гг. этот показатель был 7,3 %, то в 2005–2010 гг. он увеличился до 9,9 %, а в 2015–2019 гг. опять опустился до 7,3 %. Такая же тенденция проявилась и в отношении общей численности грызунов: 12,31; 18,7 и 12,75 особей на 100 л-с соответственно по периодам исследований. Это может быть связано с такими абиотическими факторами, как температура и осадки (холодные бесснежные с оттепелями зимы и жаркое засушливое лето), повлиявшими негативно на выживаемость яиц гельминтов, промежуточных и дефинитивных хозяев возбудителей гельминтозоонозов. Возможно, к ним добавляются еще антропогенные факторы – периодическое выкашивание растений на берегах и склонах каналов, значительно усилившееся в третий период, а также наше изъятие определенного количества грызунов для научных исследований.

За все периоды исследований нами у 9 видов грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в Брестском Полесье, было обнаружено 15 видов гельминтов – возбудителей гельминтозоонозов: 3 вида трематод, 8 видов цестод, 3 вида нематод и 1 вид акантоцефал (таблица 2).

Семь видов гельминтов находились на личиночной стадии развития. Дефинитивные хозяева этих гельминтов – хищные млекопитающие, которые посещают каналы в поисках воды и пищи, загрязняя их экскрементами, содержащими яйца паразитов. Из этих гельминтов грызуны являются резервуарными хозяевами только для трематоды *Alaria alata* (Goeze, 1782), для остальных – промежуточными.

Пять видов гельминтов характеризуются постоянством в инвазировании грызунов и отмечались во

все периоды исследований – это 2 вида трематод и 3 вида цестод (таблица 2).

В третий период исследований нами было найдено 2 вида гельминтов, отсутствовавших в сборах предыдущих лет. Ими оказались трематода *Echinostoma revolutum* (Frölich, 1802) и акантоцефал *Moniliformis moniliformis* (Bremser, 1811). Хозяином обоих видов установлена полевая мышь. Оба вида обнаружены в единственном экземпляре в кишечнике половозрелых самцов, один из которых отловлен 17.07.2017 г. на берегу канала, проходящего по пахотным землям мелиоративной системы, расположенной у 20 км автодороги Брест – Ковель в Малоритском районе (акантоцефал *M. moniliformis*), другой – 12.08.2019 г. на берегу канала, проходящего вдоль 24 км автодороги Козловичи – Москва в Брестском районе (трематода *E. revolutum*). Акантоцефал является новым видом для фауны Беларуси [14]. Для трематоды нами установлен в Беларуси новый дефинитивный хозяин. В отношении акантоцефала требует изучения возможность формирования очага (очагов) монилиформоза в поселениях человека в Малоритском районе и участия в этом синантропных животных – домовые мыши, серые и черные крысы (дефинитивные хозяева), рыжие и черные тараканы (промежуточные хозяева). Что касается трематоды *E. revolutum*, то она является характерным паразитом водоплавающих птиц и в Беларуси найдена у домашних гусей и утки, кряквы, красноносого нырка, хохлатой чернети, большой поганки, также у желтогорлой мыши [15, с. 183] и речного бобра [16, с. 11], а теперь еще и полевой мыши. В очагах эхиностомоза заражение человека возможно при употреблении в пищу водных моллюсков, насекомых, рыб, лягушек, инвазированных метацеркариями [16, с. 11]. В условиях Беларуси может представлять интерес зараженная рыба, однако личинок трематоды *E. revolutum* у этих животных здесь еще никто не находил.

Из гельминтов, обнаруженных нами у грызунов, наибольшее значение для здравоохранения Беларуси и особенно жителей Брестского Полесья имеют виды, выявляемые медицинскими работниками у населения нашей республики. Это цестоды *Hymenolepis diminuta* (Rudolphi, 1819) и *Echinococcus multilocularis* Leuckart, 1863 [17, 18]. Дефинитивные хозяева цестоды *H. diminuta* – грызуны (в нашем случае 7 видов: рыжая и обыкновенная полевки, полевая, желтогорлая и лесная мыши, мышь-малютка, серая крыса; из них только у полевой мыши показатели зараженности были самыми высокими во втором периоде исследований: ЭИ 12,9; ИИ 1–144; ИО 1,08), а цестоды *E. multilocularis* – хищные млекопитающие. Цестодой *H. diminuta* заражаются белорусы при проглатывании насекомых или их частей с цистицеркоидами (заболевание крысиный гименолепидоз), цестодой *E. multilocularis* – при случайном проглатывании яиц этого гельминта (заболевание многокамерный или альвеолярный эхинококкоз). В регионе нашего исследования функционируют природные очаги эхинококкоза, вызываемого цестодой *E. multilocularis* – гельминтоза повышенной

Таблица 2. – Зараженность возбудителями гельминтозонозов мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в Брестском Полесье

Вид гельминта	Хозяин	Периоды исследований									
		1996–1999 гг.			2005–2010 гг.			2015–2019 гг.			
		ЭИ	ИИ	ИО	ЭИ	ИИ	ИО	ЭИ	ИИ	ИО	
Трематоды											
<i>Echinostoma revolutum</i> (Frölich, 1802)	Мышь полевая	–	–	–	–	–	–	1,1	1	0,01	
<i>Plagiorchis elegans</i> (Rudolphi, 1802)	Полевка обыкновенная	1,6	1–30	0,11	–	–	–	–	–	–	
	Мышь полевая	3,1	1–9	0,14	1,0	1–14	0,07	1,1	1	0,01	
	Мышь желтогорлая	–	–	–	2,8	1–1	0,03	1,3	9	0,11	
	Мышь лесная	6,9	3–180	2,83	3,3	1	0,01	–	–	–	
	Мышь-малютка	18,8	1–3	0,38	–	–	–	–	–	–	
<i>Alaria alata</i> (Goeze, 1782), larvae	Мышь домовая	–	–	–	11,1	1	0,11	–	–	–	
	Полевка рыжая	–	–	–	1,1	1–1	0,01	3,2	1–4	0,08	
	Полевка обыкновенная	0,2	1	0,002	–	–	–	–	–	–	
	Полевка-экономка	3,6	32	1,14	–	–	–	–	–	–	
	Мышь полевая	0,6	1–1	0,01	6,1	1–6	0,12	–	–	–	
	Мышь лесная	1,0	10	0,10	–	–	–	–	–	–	
	Цестоды										
	<i>Hymenolepis diminuta</i> (Rudolphi, 1819)	Полевка рыжая	0,7	1	0,01	–	–	–	7,5	1–2	0,10
		Полевка обыкновенная	0,6	1–1	0,01	0,4	1	0,40	–	–	–
		Мышь полевая	6,5	1–23	0,29	12,9	1–144	1,08	5,6	1–8	0,17
Мышь желтогорлая		0,7	4	0,026	7,8	1–15	0,30	3,8	1–6	0,11	
Мышь лесная		6,9	1–9	0,20	3,3	1	0,01	9,1	3	0,27	
Мышь-малютка		6,3	1	0,06	–	–	–	–	–	–	
Крыса серая		–	–	–	у 1 из 1	1	1,0	–	–	–	
<i>Rodentolepis fraterna</i> (Stiles, 1906)	Мышь полевая	1,6	1–170	0,59	–	–	–	2,2	2–4	0,07	
	Мышь желтогорлая	0,7	2	0,013	–	–	–	–	–	–	
	Мышь-малютка	31,3	1–2	0,56	–	–	–	–	–	–	
	Крыса серая	у 1 из 7	5	0,71	–	–	–	–	–	–	
<i>R. straminea</i> (Goeze, 1782)	Мышь полевая	–	–	–	1,0	2–14	0,08	–	–	–	
<i>Echinococcus multilocularis</i> Leuckart, 1863, larvae	Полевка рыжая	–	–	–	0,5	1	0,01	–	–	–	
	Полевка обыкновенная	0,2	1	0,002	–	–	–	–	–	–	
<i>Taenia crassiceps</i> (Zeder, 1800), larvae	Полевка обыкновенная	0,6	27–387	0,95	–	–	–	–	–	–	
	Мышь полевая	0,6	70–160	0,71	–	–	–	–	–	–	
<i>T. martis</i> (Zeder, 1803), larvae	Полевка рыжая	–	–	–	2,7	1–2	0,03	1,1	3	0,03	
<i>T. taeniaeformis</i> (Batsch, 1786), larvae	Полевка обыкновенная	0,6	1–1	0,006	1,2	1–2	0,02	1,2	1–1	0,01	
	Полевка-экономка	–	–	–	–	–	–	1,6	1	0,02	
	Мышь полевая	0,3	1	0,003	–	–	–	–	–	–	
	Мышь желтогорлая	–	–	–	0,7	1	0,01	7,6	1–2	0,09	

Вид гельминта	Хозяин	Периоды исследований								
		1996–1999 гг.			2005–2010 гг.			2015–2019 гг.		
		ЭИ	ИИ	ИО	ЭИ	ИИ	ИО	ЭИ	ИИ	ИО
	Мышь лесная	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Крыса серая	у 1 из 7	1	0,14	–	–	–	–	–	–
<i>Mesocestoides lineatus</i> (Goeze, 1782), larvae	Полевка рыжая	–	–	–	0,5	233	1,25	–	–	–
	Полевка обыкновенная	0,8	1–9	0,04	–	–	–	–	–	–
	Мышь полевая	–	–	–	0,7	221–682	3,07	1,1	98	1,09
	Мышь желтогорлая	–	–	–	0,7	35	0,25	1,3	112	1,42
	Мышь лесная	1,0	114	1,12	–	–	–	–	–	–
	Нематоды									
<i>Calodium hepaticum</i> (Bancroft, 1893)	Полевка рыжая	0,7	3	0,02	–	–	–	–	–	–
<i>Baylisascaris devosi</i> (Sprent, 1952), larvae	Полевка рыжая	0,7	1	0,01	–	–	–	–	–	–
	Мышь желтогорлая	1,3	1–1	0,013	–	–	–	–	–	–
<i>Syphacia obvelata</i> (Rudolphi, 1802)	Мышь домовая	–	–	–	22,2	18–34	5,78	–	–	–
Акантоцефалы										
<i>Moniliformis moniliformis</i> (Bremser, 1811)	Мышь полевая	–	–	–	–	–	–	1,1	1,0	0,01

опасности для человека. Один очаг расположен в северо-западной части Малоритского района (Закрутинско – Гусакский очаг), другой – в окрестностях д. Томашовка Брестского района (Томашовский очаг) [19]. Первый очаг затрагивает мелиоративную систему у 20 км автодороги Брест – Ковель: личинки этой цестоды обнаружены нами у обыкновенной полевки в первый период исследований и у рыжей полевки во второй период исследований. В основном циркуляция инвазии в очагах осуществляется по схеме «лисица (дефинитивный хозяин) – мышевидные грызуны (промежуточные хозяева)». Существует риск заражения населения Брестского и Малоритского районов в очагах этого гельминтозоноза.

Медицинским работникам Беларуси следует обратить внимание на трематоду *A. alata*, мезоцеркарии которой обладают уникальными адаптационными способностями в организмах холоднокровных и теплокровных животных и человека (заболевание человека – мезоцеркарный аляриоз), на два вида цестод рода *Rodentolepis* Spassky, 1955 (заболевание человека – родентолепоз), на 3 вида цестод рода *Taenia* Linnaeus, 1758 (заболевание человека – цистицеркоз), на нематоды *Calodium hepaticum* (Bancroft, 1893) (заболевания человека – калодиоз и висцеральная форма мигрирующей личинки), *Baylisascaris devosi* (Sprent, 1952) (заболевание человека – висцеральная форма мигрирующей личинки) и *Syphacia obvelata* (Rudolphi, 1802) (заболевание человека – сифациоз). Заражение человека трематодой *A. alata* может произойти в результате употребления в пищу мяса лягушек и кабанов, инвазированное мезоцеркариями, а остальными видами – в результате проглатывания инвазионных яиц. Проценты зараженности грызунов и показатель ИО этими видами гельминтов были невысокими, только у желтогорлой мыши в третий период исследований для личинок цестоды *Taenia taeniaeformis* (Batsch, 1786) отмечен наиболее высокий показатель ЭИ (7,6). А вот показатель ИИ оказался наиболее высоким для личинок цестоды *Taenia crassiceps* (Zeder, 1800): количество гельминтов колебалось от 27 до 387 (обыкновенная полевка) и от 70 до 160 (полевая мышь). Этот вид цестод был обнаружен нами у этих хозяев только в первый период исследований. Только в первый период исследований с незначительными показателями зараженности были найдены нематоды *C. hepaticum* и *B. devosi*. Цестода *Rodentolepis fraterna* (Stiles, 1906), выявленная у полевой и желтогорлой мышей в 1996–1999 гг., была обнаружена вновь у полевых мышей в 2015–2019 гг. Нематода *S. obvelata* является специфичным паразитом домовых мышей и, также как цестода *Rodentolepis straminea* (Goeze, 1782), была в наших сборах только в период 2005–2010 гг.

Необходимо указать, что высокие показатели ИИ установлены не только для вышеуказанной цестоды *T. crassiceps*, но для трематоды *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802) и личинок цестоды *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782) у лесной мыши в первый период исследований (количество особей трематоды дохо-

дило до 180 у одного зверька) и у полевых мышей во второй и третий периоды исследований (количество личинок цестоды было 221, 682 и 98), а также желтогорлой мыши в третий период исследований (количество личинок цестоды было 112 у одного зверька). Инвазирование населения Беларуси этими видами гельминтов маловероятно, особенно цестодой *M. lineatus*, так как использование в качестве тонизирующего средства сырой крови, печени и сердца змей и черепах, как в Японии [20, 21]), и употребление в пищу сырых внутренностей птиц (курица), как в Корее [22], белорусами не практикуется. Существует определенный риск заражения трематодой *P. elegans* при случайном проглатывании во время купания водных личинок хирономид, относящихся к насекомым, и употребления в пищу пресноводных рыб, как это установлено в Японии [23] и Корее [24].

Следует отметить, что фоновыми видами мелких грызунов на берегах мелиоративных каналов, проходящих в смешанных лесах, являются рыжие полевки и желтогорлые мыши (только во втором периоде исследований к ним присоединилась полевая мышь), на пахотных землях – обыкновенные полевки и полевые мыши (только во втором периоде исследований к ним присоединилась желтогорлая мышь), на выгонах – обыкновенные полевки (в третьем периоде исследований здесь значительно увеличилась численность полевки-экономки), у дорог – обыкновенные полевки, а также полевые мыши, которые в третьем периоде исследований заняли доминирующее положение (в третьем периоде исследований здесь значительно увеличилась численность полевки-экономки).

Одни виды грызунов занимают доминирующее положение на берегах мелиоративных каналов, другие появляются и исчезают (как, например, темная полевка, мышь-малютка, лесная мышовка, серая крыса), третьи, исчезнув на какой-то период, опять появляются (как, например, орешниковая соня). Это касается возбудителей гельминтозонозов, некоторые из которых благодаря грызунам формируют устойчивые очаги аляриоза, плагиорхоза, крысиного гименолепидоза, мезоцестоза, тенидоза (возбудитель – цестода *T. taeniaeformis*). Безусловно оказывают влияние на популяции гельминтов и их хозяев внутривидовые и межвидовые отношения, абиотические и антропогенные факторы, вынуждающие животных реагировать на них изменением численности.

За все периоды исследований количество видов возбудителей гельминтозонозов оказалось больше, а процент зараженности ими выше у полевой мыши (10 и 15,3 соответственно). У других грызунов, численность которых на берегах каналов довольно высокая, эти показатели были следующими: обыкновенная полевка – 7 и 2,9; рыжая полевка – 7 и 5,1; желтогорлая мышь – 6 и 8,3. На наш взгляд, именно полевая мышь из мелких грызунов может использоваться как один из основных индикаторов оценки неблагоприятия мелиорированных территорий Полесья по возбудителям гельминтозонозов.

Мелиоративные каналы на осушенных землях являются очагами многих гельминтозоонозов, а инвазия за счет миграции животных-хозяев (грызуны, хищные млекопитающие) возбудителей таких заболеваний может распространяться на прилегающие территории, в том числе в населенные пункты, с формированием там очагов за счет восприимчивых животных и создавая угрозу заражения человеку. Следует учитывать возможность создания очагов гельминтозоонозов на мелиоративных системах за счет обратной миграции животных-хозяев возбудителей из функционирующих очагов на рядом расположенных с ними территориях.

Выводы

1. У грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в Брестском Полесье, паразитирует 15 видов гельминтов – возбудителей гельминтозоонозов. Хозяевами их установлено 9 видов грызунов из 12, отловленных за три периода исследований (1996–1999, 2005–2010, 2015–2019 гг.) на модельных мелиоративных системах в Брестском, Жабинковском и Малоритском районах Брестской области. Среди обнаруженных гельминтов 7 видов находились на личиночной стадии. Дефинитивными хозяевами их являются хищные млекопитающие, посещающие каналы и загрязняющие берега экскрементами, содержащими яйца этих паразитических червей.

2. Зараженность мелких грызунов возбудителями гельминтозоонозов за все три периода исследований составила 8,2 %. В первый период этот показатель был 7,3 %, во второй период он увеличился до 9,9 %, а в третий период опустился до 7,3 %. Общая численность грызунов также увеличилась во втором периоде (на 100 л-с по периодам исследований она составила соответственно 12,31; 18,7 и 12,75 особей).

3. Пять видов гельминтов характеризуются постоянством в инвазировании грызунов, отмечались во все периоды исследований – это трематоды *P. elegans* и *A. alata*, цестоды *H. diminuta*, *M. lineatus* и *T. taeniaeformis*. В третий период исследований обнаружен новый для Беларуси вид – акантоцефал *M. moniliformis* (хозяин – полевая мышь), а также установлен новый хозяин для трематоды *E. revolutum* (полевая мышь).

4. В регионе исследований функционируют природные очаги эхинококкоза (возбудитель – цестода *E. multilocularis*; заболевание человека – многокамерный или альвеолярный эхинококкоз) – гельминтоза, имеющего существенное медицинское значение. Обращено внимание на риск заражения жителей Полесья также трематодой *A. alata* (заболевание человека – мезоцеркарный аляриоз), цестодами *H. diminuta* (заболевание человека – крысиный гименолепидоз), из рода *Rodentolepis* (*R. fraterna*, *R. straminea*; заболевание человека – родентолепоз) и из рода *Taenia* (*T. crassiceps*, *T. martis*, *T. taeniaeformis*; заболевание человека – цистицеркоз), нематодами *S. hepaticum* (заболевания человека – калодиоз и висцеральная форма мигрирующей личинки), *B. devosi* (заболевание человека – висце-

ральная форма мигрирующей личинки) и *S. obvelata* (заболевание человека – сифациоз).

5. Фоновыми видами мелких грызунов на берегах мелиоративных каналов, проходящих в смешанных лесах, являются рыжие полевки и желтогорлые мыши, на пахотных землях – обыкновенные полевки и полевые мыши, на выгонах – обыкновенные полевки, у дорог – обыкновенные полевки и полевые мыши. В третьем периоде исследований на берегах каналов на выгонах и у дорог значительно увеличилась численность полевки-экономки.

6. Полевая мышь из мелких грызунов может использоваться как один из основных индикаторов оценки неблагополучия мелиорированных территорий Полесья по возбудителям гельминтозоонозов. У нее за все периоды исследований обнаружено 10 видов возбудителей гельминтозоонозов, а зараженность ими составила 15,3 %. Это наибольший показатель среди таких грызунов, численность которых на берегах каналов довольно высокая, как обыкновенная полевка (7 видов гельминтов, зараженность 2,9 %), рыжая полевка (7 видов гельминтов, зараженность 5,1 %), желтогорлая мышь (6 видов гельминтов, зараженность 8,3 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шималов, В. В. Гельминты, общие человеку и диким животным на осушенных землях Белорусского Полесья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.20 / В. В. Шималов ; Бел. НИИ эксперимент. ветеринарии им. С. Н. Вышелесского. – Минск, 1991. – 21 с.
2. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В. В. Шималов // Паразитология. – 2013. – Т. 47, вып. 1. – С. 38–46.
3. Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Цестоды и трематоды / К. М. Рыжиков [и др.]. – М. : Наука, 1978. – 232 с.
4. Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Нематоды и акантоцефалы / К. М. Рыжиков [и др.]. – М. : Наука, 1979. – 272 с.
5. Keys to the cestode parasites of vertebrates / ed. by L. F. Khalil, A. Jones, R. A. Bray. – Wallingford : CABI Publishing, 1994. – 751 p.
6. Keys to the Trematoda / ed. by D. I. Gibson, A. Jones, R. A. Bray. – Wallingford : CABI Publishing, 2002. – Vol. 1. – 521 p.
7. Keys to the Trematoda / ed. by A. Jones, R. A. Bray, D. I. Gibson. – Wallingford : CABI Publishing, 2005. – Vol. 2. – 745 p.
8. Keys to the Trematoda / ed. by R. A. Bray, D. I. Gibson, A. Jones. – London : CABI and Natural History Museum, 2008. – Vol. 3. – 824 p.
9. Генев, Т. Хелминти на насекомоядните бозайници и гризачите в България / Т. Генев. – София : Изд-во на Българската Академия на Науките, 1984. – 348 с.
10. Anderson, R. C. Nematode parasites of vertebrates: Their development and transmission / R. C. Anderson. – Wallingford : CABI Publishing, 2000. – 650 p.
11. Шималов, В. В. Гельминтофауна мелких грызунов (Mammalia: Rodentia) берегов каналов на мелиорированных территориях / В. В. Шималов //

- Паразитология. – 2002. – Т. 36, вып. 3. – С. 247–252.
12. Eberwein, P. Human Infection with Marten Tapeworm / P. Eberwein [et al.] // *Emerg. Infect. Dis. J.* – 2013. – Vol. 19. – P. 1152–1154.
 13. Brunet, J. First case of human cerebral *Taenia martis* cysticercosis / J. Brunet [et al.] // *J. Clin. Microbiol.* – 2015. – Vol. 53, № 8. – P. 2756–2759.
 14. Shimalov, V. V. The first finding of *Moniliformis moniliformis* (Acanthocephala, Moniliformidae) in Belarus / V. V. Shimalov // *J. Paras. Dis.* – 2018. – Vol. 42, is. 2. – P. 327–328.
 15. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси : каталог / Е. И. Бычкова [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 316 с.
 16. Шималов, В. В. Гельминтозоозы в Беларуси / В. В. Шималов // *Здравоохранение.* – 2007. – № 9. – С. 10–17.
 17. Шевченко, Н. И. О случаях инвазированности крысиным цепнем в Речицком районе / Н. И. Шевченко, А. Е. Целуйко // *Материалы IX съезда работников профилактич. медицины Респ. Беларусь (70 лет сан.-эпидемиол. службе).* – Минск, 1996. – Т. 3, ч. 2. – С. 108–109.
 18. Корзан, А. И. Эпидемиологическая и эколого-эпизоотологическая характеристика эхинококкоза на территории Брестской области / А. И. Корзан, Н. Т. Гиндюк, И. В. Олехнович // *Мед. журнал.* – 2016. – № 1. – С. 121–123.
 19. Шималов, В. В. Встречаемость *Echinococcus multilocularis* (Cestoda, Taeniidae) в юго-западной части Беларуси / В. В. Шималов // *Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2011. – № 4. – С. 108–112.
 20. The 11th case of human infection with *Mesocestoides lineatus* in Japan / T. Morishita [et al.] // *Jap. J. Parasitol.* – 1975. – Vol. 24, № 6. – P. 353–356.
 21. Kamiya, M. Current status of food-borne parasitic zoonoses in Japan / M. Kamiya, H. K. Ooi // *Emerging problems in food-borne parasitic zoonoses: Impact on Agriculture and Public Health: Proc. 33rd SEAMEO-TROPMED Regional Seminar.* – Bangkok, 1991. – P. 48–53.
 22. Eom, K. S. Second case of human infection with *Mesocestoides lineatus* in Korea / K. S. Eom, S. H. Kim, H. J. Rim // *Korean J. Parasitol.* – 1992. – Vol. 30, № 2. – P. 147–150.
 23. Asada, J.-I. A case report on the human infection with *Plagiorchis muris* Tanabe, 1922 in Japan / J.-I. Asada [et al.] // *Jap. J. Parasitol.* – 1962. – Vol. 11. – P. 512–516.
 24. Hong, S. J. A human case of *Plagiorchis muris* (Tanabe, 1922: Digenea) infection in the Republic of Korea: freshwater fish as a possible source of infection / S. J. Hong, H. C. Woo, J. Y. Chai // *J. Parasitol.* – 1996. – Vol. 82, № 4. – P. 647–649.

CAUSATIVE AGENTS OF THE HELMINTHOZOONOSES IN SMALL RODENTS LIVING ON DRAINAGE CHANNEL BANKS IN BREST POLESIE SHIMALOV V.

The results of study on the presence of causative agents of the helminthozoonoses in small rodents inhabiting the banks of drainage channels in Brest Polesie for three periods (1996–1999, 2005–2010, 2015–2019) are analyzed. 15 species of causative agents of the helminthozoonoses were found in 9 species of rodents, and their infection rate was 7,3 % (first period), 9,9 % (second period) and 7,3 % (third period). Background species of rodents and animal indicators of infection with causative agents of the helminthozoonoses on drainage channel banks have been established. The participation of these animals in the spread of invasion and the risk of human infection are discussed.

УДК 576.89:597/599 (476)

ДОПОЛНЕНИЕ И АНАЛИЗ СВЕДЕНИЙ О МОНОГЕНЕЯХ, ТРЕМАТОДАХ И ЦЕСТОДАХ БЕЛАРУСИ

В. В. Шималов

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Республика Беларусь
Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Дополнен современный каталог «Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси» сведениями о новых и неучтенных видах моногеней, трематод и цестод, хозяевах и местах обнаружения этих гельминтов в южной части Беларуси. Также обращается внимание на синонимию и диагностику некоторых трематод и цестод, обнаруженных у позвоночных животных. Рассмотрено 2 вида моногеней, 26 видов трематод и 29 видов цестод.

Введение

Каталог «Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси», составленный Е. И. Бычковой, Л. Н. Акимовой, С. М. Дегтярик и М. М. Якович, опубликованный в 2017 г. в Год науки [1], включает 54 вида моногеней, 156 видов цестод и 243 вида трематод. Это второй каталог, содержащий уникальные сведения о видовом составе гельминтов, обнаруженных в Беларуси, их систематическом положении, хозяевах, местах обнаружения и авторах находок. Первый каталог под названием «Гельминты домашних и диких животных Белоруссии», составленный И. В. Меркушевой и А. Ф. Бобковой, был опубликован в 1981 г. [2] и включал 51 вид моногеней, 122 вида цестод и 159 видов трематод. Второе (новое) издание каталога помогает ориентироваться любому человеку в достижениях белорусских ученых в изучении гельминтофауны Беларуси. Однако, к сожалению, не все виды моногеней, трематод и цестод, их хозяева и места обнаружения были учтены составителями этого каталога, к тому же мы располагаем данными о новых видах гельминтов, паразитирующих у позвоночных животных в южной части Беларуси.

Цель работы – привести сведения о новых и неучтенных в современном каталоге «Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси» моногеней, трематодах и цестодах позвоночных животных, обитающих в южной части Беларуси.

Методика и объекты исследования

Работа содержит результаты наших многолетних исследований (1978–2019 гг.) 1429 рыб (4 отряда; 21 вид), 1441 амфибии (2 отряда; 12 видов), 224 рептилий (2 отряда; 7 видов), 27 птиц (2 отряда; 9 видов) и 7909 млекопитающих (7 отрядов; 54 вида), обитающих в южной части Беларуси (Брестская и Гомельская области).

Животных исследовали принятым в паразитологии методом полных гельминтологических вскрытий, компрессирования тканей и органов.

Результаты и их обсуждение

Моногеней:

Ancyrocephalus paradoxus Creplin, 1839. Неучтенное в каталоге место обнаружения у судака обыкновенного – р. Буг [3].

Polystoma integerrimum (Frölich, 1791). Неучтенный в каталоге дефинитивный хозяин – жаба камышовая [4]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Трематоды:

Aporhollus donicus (Skrjabin et Lindtrop, 1919). Неучтенные в каталоге дефинитивные хозяева – куница каменная, куница лесная [5], ласка [6]. Место обнаружения – Белорусское Полесье. Второй промежуточный хозяин – окунь речной, плотва обыкновенная (новый хозяин). Новое место обнаружения – старица р. Лесная на территории заказника «Бугский».

Echinochasmus schwartzi Price, 1931. Неучтенное в каталоге место обнаружения у ондатры – Белорусское Полесье [7].

Echinoparyphium sisjakowi Skvorzov, 1934. Неучтенный в каталоге вид. Дефинитивный хозяин – ондатра [2, с. 32; 7]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Echinostoma revolutum (Frölich, 1802). Новые дефинитивные хозяева – бобр речной и мышь полевая. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Gyrabascus amphoraeformis (Mödlinger, 1930). Новый дефинитивный хозяин – мышь полевая. Место обнаружения – заказник «Бугский». Трематода была указана под названием *Allassogonoporus* sp. [8].

Isthmiophora melis (Schrank, 1788). Неучтенный (первый) и новый (второй) дефинитивные хозяева – куница каменная [5] и мышь полевая. Место обнаружения – Белорусское Полесье, заказник «Бугский». В мире известны находки этой трематоды под названием *Euparyphium melis* Schrank, 1788 у грызунов [9] и человека [10].

Neoglyphe sobolevi Schaldybin, 1953. Дефинитивные хозяева – бурозубка обыкновенная и бурозубка малая [11–13], а не кутора обыкновенная, как указано в каталоге [1, с. 218].

Opisthorchis felineus (Rivolta, 1884). Неучтенные в каталоге дефинитивные хозяева – бобр речной [14], барсук [15], ласка [6]. Место обнаружения – Белорусское Полесье. Новое место обнаружения личинок у густеры – р. Лесная (д. Малые Мурины, Каменецкий район Брестской области).

Paralecithodendrium chilostomum (Mehlis, 1831). Новый дефинитивный хозяин – вечерница малая. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область).

Paralecithodendrium longiforme (Bhalerao, 1926). Неучтенный в каталоге вид. Дефинитивный хозяин – ночница водяная [16–18]. Трематода была указана под названием *Prosthodendrium longiforme* (Bhalerao, 1926). Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Plagiorchis arvicolae Schulz et Skvorzov, 1931. Неучтенный (первый) и новый (второй) дефинитивные хозяева – полевка рыжая [8] и полевка-экономка. Место обнаружения – заказник «Бугский», Белорусское Полесье (Брестская область).

Plagiorchis elegans (Rudolphi, 1802). Новый дефинитивный хозяин – хомяк обыкновенный. Место обнаружения – Брестская область.

Plagiorchis maculosus (Rudolphi, 1802). Новый дефинитивный хозяин – ондатра. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область).

Plagiorchis muelleri Tkach et Sharpilo, 1990. Новый для Беларуси вид. Дефинитивный хозяин – кожан поздний. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область). Ранее этот вид был указан под названием *Plagiorchis* sp. [16–19].

Prosolecithus danubica Tkach et Bray, 1995. Новый для Беларуси вид. Дефинитивный хозяин – бурозубка обыкновенная [20, 21]. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область). Ранее этот вид был найден нами у этого хозяина и ошибочно принят за вид *Skrijabinoplagicus polonicus* (Soltys, 1957) [11, 22]. Бурозубка обыкновенная должна быть исключена из каталога [1, с. 214], как хозяин трематоды *S. polonicus*.

Prosthogonimus ovatus (Rudolphi, 1803). Новый дефинитивный хозяин – зарянка. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область).

Pseudamphistomum truncatum (Rudolphi, 1819). Неучтенный в каталоге дефинитивный хозяин – ласка [6]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Psilotrema simillimum (Mühling, 1898). Неучтенный в каталоге дефинитивный хозяин – ондатра [7]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Psilotrema spiculigerum (Mühling, 1898). Новый дефинитивный хозяин – ондатра. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Русноporus heteroporus (Dujardin, 1845). Неучтенный в каталоге дефинитивный хозяин – широкоушка европейская [17, 18]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Quinqueserialis wolgaensis Skvortsov, 1935. Неучтенный в каталоге дефинитивный хозяин – ондатра [7]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Skrijabinoplagicus polonicus (Soltys, 1957). Неучтенный (первый) и новый (второй) дефинитивные хозяева – полевка рыжая [8] и полевка-экономка. Место обнаружения – заказник «Бугский», Белорусское Полесье (Брестская область).

Strigea sphaerula (Rudolphi, 1803). Новые хозяева метацеркарий – куница лесная и хорек лесной. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область).

Urogonimus macrostomus (Rudolphi, 1802). Новое место обнаружения у синицы большой – Белорусское Полесье (Брестская область).

Цестоды:

Cladotaenia globifera (Batsch, 1786). Неучтенные в каталоге хозяева личиночной стадии – бурозубка малая [12], полевка рыжая, полевка обыкновенная [8, 23], белка обыкновенная [24]. Место обнаружения – заказник «Бугский», Белорусское Полесье.

Dilepis undula (Schrank, 1788). Новые дефинитивные хозяева – синица большая и бурозубка малая. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область).

Diphyllobothrium latum (Linnaeus, 1758). Неучтенное в каталоге место обнаружения плероцеркоида у щуки – р. Днепр (д. Грановка, Речицкий район Гомельской области) [25].

Echinococcus multilocularis Leuckart, 1863. Является самостоятельным валидным видом цестод [26], сведенным в каталоге [1, с. 131] в синонимы с видом *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786) и, тем самым, неучтенный как самостоятельный вид.

Mesocestoides lineatus (Goeze, 1782). Неучтенные в каталоге дефинитивные хозяева – енотовидная собака [27], выдра [28], куница каменная [5], горностаи и ласка [6]. Новый (первый и второй) и неучтенные в каталоге (остальные) промежуточные хозяева – хомяк обыкновенный, полевка темная, полевка водяная, мышь-малютка и мышь лесная [8, 29]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Milina grisea Beneden, 1873. Синонимом является вид *Myotolepis crimensis* (Skarbilovich, 1946) [30, 31]. Эта цестода найдена в Белорусском Полесье (Брестская область) у кожана позднего под названиями *Myotolepis crimensis* и *Myotolepis* sp. [16, 18].

Nematotaenia dispar (Goeze, 1782). Неучтенные в каталоге дефинитивные хозяева – квакша обыкновенная и лягушка прудовая [32, 33]. Место обнаружения – заказник «Бугский», Белорусское Полесье.

Ophiotaenia europaea Odening, 1963. Неучтенный в каталоге вид. Дефинитивный хозяин – уж обыкновенный [34]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Paranoplocephala gracilis Tenora et Murai, 1980. Неучтенный в каталоге вид. Дефинитивный хозяин – полевка рыжая [23]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Paranoplocephala omphalodes (Hermann, 1783). Новый дефинитивный хозяин – бобр речной. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Гомельская область).

Proteocephalus osculatus (Goeze, 1782). Новый дефинитивный хозяин – сом обыкновенный. Место обнаружения – р. Мухавец (Брестский район).

Rodentolepis erinacei (Gmelin, 1790). Неучтенный в каталоге дефинитивный хозяин – еж белогрудый [12]. Место обнаружения – заказник «Бугский».

Rodentolepis fraterna (Stiles, 1906). Новый дефинитивный хозяин – хомяк обыкновенный. Место обнаружения – Брестская область.

Rodentolepis straminea (Goeze, 1782). Новые (первый и второй) и неучтенный в каталоге (третий) дефинитивные хозяева – бобр речной, ондатра и мышь полевая [35]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Sacciuterina paradoxa (Rudolphi, 1802). Вид указан в каталоге как *Polycercus paradoxa* (Rudolphi, 1802) [1, с. 111]. Неучтенный дефинитивный хозяин – бурозубка малая [11]. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область).

Soricinia infirma (Żarnowsky, 1955). Синонимом является вид *Ditestolepis secunda* Schaldybin, 1965 [36, 37]. Дефинитивные хозяева – бурозубка обыкновенная и бурозубка малая. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область) [11–13, 35]. Ранее нами этот вид указывался под названиями *Insectivorolepis infirma* Żarnowsky, 1955 [11] и *Soricinia soricis* (Baer, 1928) [12, 13, 35]. Более детальное изучение цестод от бурозубок, определенных нами как *S. soricis*, убедило нас, что это *S. infirma*.

Spirometra erinacei (Rudolphi, 1819). Неучтенные в каталоге хозяева личиночной стадии – куница каменная [5], горностаи и ласка [6]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Staphylocystis tiara (Dujardin, 1845). Дефинитивный хозяин только белозубка белобрюхая [1, с. 125–126]. Обнаруженные нами у бурозубок обыкновенных цестоды *S. tiara* [11, 22, 35] должны быть отнесены к виду *Staphylocystis furcata* (Stieda, 1862).

Taenia crassiceps (Zeder, 1800). Неучтенные в каталоге хозяева личиночной стадии – бурозубка обыкновенная, ондатра, полевка водяная, полевка рыжая, полевка-экономка, мышь полевая, мышь-малютка, белка обыкновенная [7, 24, 38]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Taenia martis (Zeder, 1803). Неучтенный в каталоге вид. Дефинитивные хозяева – куница лесная, хорек лесной [39, 40]. Промежуточные хозяева – полевка рыжая, мышь полевая, мышь желтогорлая, белка обыкновенная [8, 23, 41]. Место обнаружения – Белорусское Полесье, заказник «Бугский».

Taenia mustelae Gmelin, 1790. Новый (первый) и неучтенный в каталоге (второй) дефинитивные хозяева – барсук и куница каменная [5]. Новые (первый, второй, третий и четвертый) и неучтенный в каталоге (пятый) хозяева личиночной стадии – кутора обыкновенная, бурозубка обыкновенная, бурозубка малая, мышь полевая, полевка темная [35]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Taenia polyacantha (Leuckart, 1856). Новый (первый) и неучтенный в каталоге (второй) хозяева личиночной стадии – мышь лесная и ондатра [7]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Taenia taeniaeformis (Batsch, 1786). Неучтенные в каталоге хозяева личиночной стадии – бурозубка обыкновенная и полевка темная [29]. Место обнаружения – Белорусское Полесье.

Urocystis prolifer Villot, 1880. Неучтенный в каталоге вид. Дефинитивный хозяин – бурозубка обыкновенная [13; 35]. Место обнаружения – Белорусское Полесье (Брестская область). Цестода указана под названием *Pseudodiorchis prolifer* (Villot, 1880).

Выводы

Содержащаяся в статье информация о 2 видах моногеней, 26 видах трематод и 29 видах цестод значительно дополняет современный каталог «Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси». Среди рассмотренных гельминтов 2 новых вида и 7 – неучтенных в каталоге, для 37 видов приведены новые и неучтенные в этом каталоге хозяева и места обнаружения в южной части Беларуси.

Статья посвящена памяти Василия Тимофеевича Шималова, более 40 лет изучавшего гельминтофауну позвоночных животных Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси : каталог / Е. И. Бычкова [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 316 с.
2. Меркушева, И. В. Гельминты домашних и диких животных Белоруссии / И. В. Меркушева, А. Ф. Бобкова. – Минск : Наука и техника, 1981. – 120 с.
3. Шималов, В. В. Многоклеточные паразиты рыб реки Буг / В. В. Шималов // Паразитология. – 2008. – Т. 42, вып. 4. – С. 318–324.
4. Shimalov, V. V. Helminth fauna of toads in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // Parasitol. Res. – 2001. – Vol. 87, № 1. – P. 84.
5. Shimalov, V. V. Helminth fauna of martens *Martes foina* and *M. martes* in the southern part of Belarus / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // Abstracts of the 18th Int. Conf. of the WAAVP, 26–30 Aug. 2001, Stresa, Italy. – Stresa, 2001. – P. 65.
6. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the stoat (*Mustela erminea* Linnaeus, 1758) and the weasel (*M. nivalis* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // Parasitol. Res. – 2001. – Vol. 87, № 8. – P. 680–681.
7. Шималов, В. Т. Гельминты ондатры Белоруссии / В. Т. Шималов, В. В. Шималов // Биология и таксономия гельминтов животных и человека : материалы науч. конф. ВОГ. – М., 1984. – Вып. 34. – С. 78–82.
8. Шималов, В. В. Гельминтофауна мелких грызунов лесных и прибрежных экосистем заказника «Бугский» (Беларусь) с замечаниями по локализации, синонимии и дифференциальной диагностике некоторых гельминтов / В. В. Шималов // Весн. Брэсц. ун-та. – 2003. – № 1. – С. 68–76.
9. Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Цестоды и трематоды / К. М. Рыжиков [и др.]. – М. : Наука, 1978. – 232 с.
10. Healy, G. R. Trematodes transmitted to man by fish, frogs, and crustacea / G. R. Healy // J. Wildlife Dis. – 1970. – Vol. 6, № 4. – P. 255–261.
11. Шималов, В. В. Гельминтофауна насекомоядных млекопитающих (Mammalia: Insectivora) берегов каналов на мелиорированных территориях / В. В. Шималов // Паразитология. – 2007. – Вып. 3. – С. 201–205.
12. Шималов, В. В. Гельминтофауна насекомоядных млекопитающих в ландшафтном заказнике «Бугский» (Беларусь) / В. В. Шималов // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – 2008. – № 1. – С. 99–105.
13. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны насекомоядных млекопитающих берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В. В. Шималов // Паразитология. – 2012. – Вып. 6. – С. 472–478.
14. Шималов, В. В. Трематоды описторхииды (Trematoda, Opisthorchiidae) Беларуси, паразитирующие у человека / В. В. Шималов // Современные аспекты патогенеза, клиники, диагностики, лечения и профилактики протозоозов, гельминтозов и арахноэнтомозов человека, животных и расте-

- ний : тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. проф. В. Я. Бекиша. – Витебск, 2010. – С. 44–47.
15. Шималов, В. В. Барсук и его гельминтофауна в Белорусском Полесье / В. В. Шималов, В. Т. Шималов // Тез. докл. VI съезда Териологич. о-ва, Москва, 13–16 апр. 1999 г. – М., 1999. – С. 282.
 16. Shimalov, V. V. A study on the helminth fauna of the bats in West Polesie (Belarus) / V. V. Shimalov, M. Demyanchik, V. Demyanchik // *Nietoperze*. – 2002. – Vol. 3, № 2. – P. 283–287.
 17. Шималов, В. В. Дополнение к гельминтофауне рукокрылых (Chiroptera) Беларуси / В. В. Шималов, М. Г. Демянчик, В. Т. Демянчик // *Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2003. – № 1. – С. 114–116.
 18. Шималов, В. В. Гельминтофауна летучих мышей (Microchiroptera) в Республике Беларусь / В. В. Шималов, М. Г. Демянчик, В. Т. Демянчик // *Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2011. – № 3. – С. 104–110.
 19. Shimalov, V. V. A study on the helminth fauna of the bats (Mammalia, Chiroptera: Vespertilionidae) in Belarus / V. V. Shimalov, M. G. Demyanchik, V. T. Demyanchik // *Parasitol. Res.* – 2002. – Vol. 88, № 11. – P. 1011.
 20. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны землеройковых млекопитающих, населяющих берега мелиоративных каналов в смешанных лесах Белорусского Полесья / В. В. Шималов // *Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века: материалы 17-й Междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2017 г.* – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 59–60.
 21. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны землеройковых млекопитающих, населяющих берега мелиоративных каналов на выгонах Белорусского Полесья / В. В. Шималов // *Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века: материалы 19-й Междунар. науч. конф., Минск, 23–24 мая 2019 г.* – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 218–222.
 22. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the common shrew (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758) in ecosystems of Belorussian Polesie transformed by reclamation / V. V. Shimalov // *Parasitol. Res.* – 2001. – Vol. 87, № 9. – P. 792–793.
 23. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2013. – Т. 47, вып. 1. – С. 38–46.
 24. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Parasitol. Res.* – 2002. – Vol. 88, № 11. – P. 1008.
 25. Шималов, В. В. *Diphyllobothrium latum* (L., 1758) Lühe, 1910 у рыб бассейна Днепра на территории Белоруссии / В. В. Шималов, Б. П. Савицкий, В. Т. Шималов // *Всесоюз. совещ. по проблеме кадастра и учета животного мира: тез. докл.* – Уфа, 1989. – Ч. 4. – С. 334–336.
 26. Keys to the cestode parasites of vertebrates / ed. by L. F. Khalil, A. Jones, R. A. Bray. – Wallingford: CABI Publishing, 1994. – 751 p.
 27. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Parasitol. Res.* – 2002. – Vol. 88, № 10. – P. 944–945.
 28. Shimalov, V. V. Helminth fauna of otter (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov, A. V. Shimalov // *Parasitol. Res.* – 2000. – Vol. 86, № 6. – P. 528.
 29. Шималов, В. В. Гельминты, общие человеку и диким животным на освоенных землях Белорусского Полесья: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. В. Шималов. – Минск, 1991. – 21 с.
 30. Murai, E. Cestodes of Bats in Hungary / E. Murai // *Parasitologia Hungar.* – 1976. – Vol. 9. – P. 41–62.
 31. Zdzitowiecki, K. Helminths of bats in Poland. I. Cestodes and trematodes of the family Plagiorchiidae / K. Zdzitowiecki // *Acta Parasitol. Polon.* – 1970. – Vol. 17, № 20. – P. 175–188.
 32. Шималов, В. В. Гельминтофауна земноводных (Vertebrata, Amphibia) и пресмыкающихся (Vertebrata, Reptilia) в ландшафтном заказнике «Бугский» (Беларусь) / В. В. Шималов // *Вестн. Брэсц. ун-та. Сер. прыродазн. навук.* – 2008. – № 2. – С. 84–91.
 33. Шималов, В. В. Гельминтофауна амфибий (Vertebrata: Amphibia) в Республике Беларусь / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2009. – Т. 43, вып. 2. – С. 118–129.
 34. Shimalov, V. V. Helminth fauna of snakes (Reptilia, Serpentes) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Parasitol. Res.* – 2000. – Vol. 86, № 4. – P. 340–341.
 35. Шималов, В. В. Гельминтофауна мелких насекомоядных млекопитающих и грызунов, обитающих вдоль автомагистралей / В. В. Шималов // *Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2012. – № 4. – С. 106–111.
 36. Корниенко, С. А. Цестоды бурозубок Центральной и Южной Якутии / С. А. Корниенко, Н. Е. Докучаев, В. А. Однокурцев // *Зоол. журн.* – 2018. – Т. 97, № 9. – С. 1110–1120.
 37. Binkiene, R. Overview of the cestode fauna of European shrews of the genus *Sorex* with comments on the fauna in *Neomys* and *Crocicidura* and an exploration of historical processes in post-glacial Europe / R. Binkiene, V. Kontrimavichus, E. Hoberg // *Helminthologia*. – 2011. – Vol. 48, is. 4. – P. 207–228.
 38. Шималов, В. В. Цистицеркоз лонгикольный – потенциальное заболевание человека в Беларуси / В. В. Шималов, В. Т. Шималов // *Эпидемиология, диагностика, лечение и профилактика заболеваний человека: тр. III Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 19–20 сент. 2002 г.* – Витебск, 2002. – С. 150–154.
 39. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the European polecat (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Parasitol. Res.* – 2002. – Vol. 88, № 3. – P. 259–260.
 40. Шималов, В. В. *Taenia martis* (Cestoda, Taeniidae) у позвоночных животных в Республике Беларусь / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2010. – Т. 44, вып. 5. – С. 435–440.
 41. Shimalov, V. V. New data about the helminth fauna of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov // *J. Parasitic Dis.* – 2016. – Vol. 40, is. 4. – P. 1620–1622.

**ADDITION AND ANALYSIS OF DATA ABOUT MONOGENEANS, TREMATODES AND CESTODES
OF BELARUS
SHIMALOV V.**

The modern catalogue «Helminths of vertebrate animals and man in Belarus» has been supplemented with new and unaccounted data on the species of monogeneans, trematodes and cestodes, hosts and places of occurrence of these helminths in southern part of Belarus. Synonymy and diagnostics of some trematodes and cestodes found in vertebrate animals are receiving attention also. Two species of monogeneans, twenty six species of trematodes and twenty nine species of cestodes were considered.

Навуковае выданне

**ПРЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ:
асаблівасці і перспектывы развіцця**

Зборнік навуковых прац

Заснаваны ў 2008 годзе

Выпуск 13

Рэдактар *А. М. Масухранава*
Мастацкі рэдактар *Д. А. Комлеў*
Тэхнічны рэдактар *М. В. Савіцкая*
Камп'ютарная вёрстка *І. У. Счаснюк*

Падпісана да друку 18.10.2022. Фармат 60×84¹/₈. Папера афсетная. Друк лічбавы.
Ум. друк. арк. 20,23. Ул.-выд. арк. 17,2. Тыраж 80 экз. Заказ 196.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:
Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Выдавецкі дом «Беларуская навука».
Пасведчанні аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/18 ад 02.08.2013, № 2/196 от 05.04.2017.
Вул. Ф. Скарыны, 40, 220084, г. Мінск.

