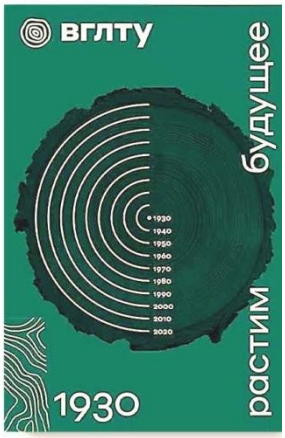
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»



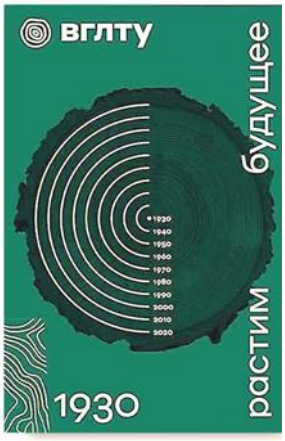
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ

Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды

Воронеж, 5 июня 2026 г.

Воронеж 2026

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
«VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES
NAMED AFTER G.F. MOROZOV»



ENVIRONMENTAL PROTECTION: MODERN CHALLENGES AND SOLUTIONS

Materials of the International Scientific and Practical Conference,
dedicated to World Environment Day

Voronezh, June 5, 2026

Voronezh 2026

УДК 504.06
О-92

Научный редактор – д-р биол. наук Н.Н. Харченко

О-92 Охрана окружающей среды: современные вызовы и решения : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды, Воронеж, 5 июня 2026 г. / отв. ред. Е. В. Моисеева ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2026. – 341 с. – URL: https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2026/mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-ohrana-okruzhayuwej-sredy-sovremennye-vyzovy-i-resheniya/. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7994-1257-9

В сборнике материалов Международной научно-практической конференции, состоявшейся 5 июня 2026 г., представлены результаты научных исследований ученых, преподавателей высших и средних учебных заведений, аспирантов, студентов, сотрудников и практикующих специалистов в области экологии и природопользования. Материалы отражают современные достижения в области стратегии и перспективных направлений в области экологии и природопользования.

Материалы конференции предназначены для студентов, аспирантов и преподавателей экологических и биологических специальностей высших учебных заведений, преподавателей учебных заведений среднего, специального и профессионального образования.

УДК 504.06

ISBN 978-5-7994-1257-9 © ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: МНОГООБРАЗИЕ, ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Балаба В.С., Павлова К.И., Пелих А.Н., Моисеева Е.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ……. 7

Богачук Д.О., Потрашкова В.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕСОВ: ВОДООХРАННАЯ, ПОЧВОЗАЩИТНАЯ, КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ…….. 13

Коршунова Е.А. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПЛОЩАДИ ЛЕСОВ НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВОГО УЧАСТКА НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ…… 21

Косарева И.В., Корнев И.И., Парахневич Т.М. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ…… 29

Литовченко Д.А., Мироненко А.В., Матвеев С.М. АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СТАРОВОЗРАСТНЫХ (100-150 ЛЕТ) СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ……. 34

Майер Е.И., Савченко С.И., Славский В.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЙ, РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛИ…… 43

Прохорова Н.Л., Привалов Д.А. АНАЛИЗ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ НА ПРИМЕРЕ СОМОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ…….. 59

Сериков М.Т., Водолажский А.Н., Тувышкина М.А. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛИЗИРОВАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ ОТСУТСТВИИ МАТЕРИАЛОВ ЛЕСОУСТРОЙСТВА И ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ…… 69

Старухина Е.А., Яковенко Н.В., Варгузина М.Г. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ…… 79

Тувышкина М.А., Мокроусова Д.Н. НАРУШЕНИЯ ЛЕСНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ…….. 86

Чернышов М.П. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОДЛЕСКА ПОД ПОЛОГОМ НАСАЖДЕНИЙ «ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ» В ПРИГОРОДНОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ……... 92

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Антонович М.В., Саввина Д.Н., Горбунова Ю.С. РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ЗДОРОВОГО НАСЕЛЕНИЯ Г. ВОРОНЕЖА……. 99

Бабунцова К.Д., Моисеева Е.В. ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ…….. 107

Волошина О.В., Яковенко Н.В., Варгузина М.Г. СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ НА ЭКОТРОПАХ ООПТ…….. 112

Гринева Д.В., Горбунова Ю.С., Топоровская Е.А., Белик А.В. ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. ПЕСЧАНКА……. 118

Козлова А.А. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА: АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ ТЕНДЕНЦИЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ОГРАТЕХНИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ……. 125

Новиков В.А. АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОГО СКВЕРА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ СКВЕРА ВОРОШИЛОВА Г. ВОРОНЕЖ)…… 141

Павлова К.И., Пелих А.Н., Исаков Ю.И. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТА У БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ И БЕРЁЗЫ ПУШИСТОЙ……. 146

Парахневич Т.М., Балаба В.С., Веселовская М.Ю., Павлова К.И. МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ УСМАНЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ…… 154

Потрашкова В.В. ЛИШАЙНИКИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: ОБЗОР МЕТОДОВ…… 160

Яковенко Н.В., Нацентова Е.А., Желенкова О.Г., Чэнь Цзюньтин ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ SENTINEL-2……. 166

Яковенко Н.В., Имналиев А.Т., Подласкина С.Ю. ВЫБОР ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРНОГО КЛАСТЕРА ОЛИМПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ ТРАСС И СЕРВИСНЫХ ЗОН В КРАСНОЙ ПОЛЯНЕ)…….. 172

Яковенко Н.В., Рудницких А.А., Старухина Е.А., Варгузина М.Г. Волошина О.В., Лима Фаржана Актер. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ SENTINEL-2…… 177
Яковенко Н.В., Рудницких А.А., Раджу Расад Ахмед. ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗАБРОШЕННОГО УСАДЕБНОГО ПАРКА (НА ПРИМЕРЕ УСАДЬБЫ ВЕНЕВИТИНОВЫХ-ЧОКОЛОВЫХ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)… 184
Яковенко Н.В., Турчанинова Е.В. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ СОВООБРАЗНЫХ (STRIGIFORMES) В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ (2018–2024 ГГ.)……... 190

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Бекетов А.С., Моисеева Е.В., Царалунга А.В. ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА…. 195
Белан А.Д., Турчанинова Е.В. БИОЦЕНОТИЧЕСКАЯ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РОЛЬ БОЛЬШОГО ПЕСТРОГО ДЯТЛА В ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЕ…… 201
Бережнова О.Н. РЕДКИЕ И МАЛОИЗУЧЕННЫЕ ВИДЫ ЭМПИДОИДНЫХ ДВУКРЫЛЫХ (DIPTERA: EMPIDOIDEA: EMPIDIDAE, HYBOTIDAE) ВОРОНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА……. 208
Богачук Д.О. МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА РЕДКИХ ВИДОВ В БОТАНИЧЕСКИХ САДАХ…….. 214
Матыцина Е.П., Ершова С.О. ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ХИЩНЫХ ПТИЦ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ КРЫМСКИЙ…….. 224
Мелькумов Г.М., Пустовалова Д.А. ТЕМНОСПОРОВЫЕ ПЛАЗМОДИАЛЬНЫЕ МИКСОМИЦЕТЫ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ……. 229
Мелькумов Г.М., Щетинина Д.А. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРОСЛЕЙ РЕКИ УСМАНКА…….. 236
Мелькумов Г.М. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ГРИБОВ РОДА *COPRINUS* PERS. ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ…… 242
Некипелова Д.Е., Моисеева Е.В. РЕДКИЕ И РЕЛИКТОВЫЕ ВИДЫ ВОРОНЕЖСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В.М. ПЕСКОВА…… 248
Павлова К.И., Балаба В.С., Пелих А.Н., Моисеева Е.В. РОЛЬ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ В СОХРАНЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ.. 254
Потрашкова В.В. КРАСНАЯ КНИГА: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, ПРИНЦИПЫ ВЕДЕНИЯ И КАТЕГОРИИ РЕДКОСТИ…… 258

Семенова Н.Ю., Меркулова Е.К., Володченко А.Н. СЕМЕЙСТВО ЯТРЫШНИКОВЫЕ (ORCHIDACEAE) БАССЕЙНА РЕКИ ХОПЕР И ИХ ОХРАНА…….. 263
Соболева В.А. ФАУНА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (HETEROPTERA) ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА УГОЛЬНОЕ В УСМАНСКОМ БОРУ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ КАК РЕЗЕРВАТА БИОРАЗНООБРАЗИЯ НА ПОСТПИРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ…….. 274
Соболева В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (HETEROPTERA) ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ В НОВОХОПЕРСКОМ РАЙОНЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ…… 284
Чурсина М.А., Тимохина В.В. К ИЗУЧЕНИЮ ФАУНЫ СЕМЕЙСТВА SYRPHIDAE (DIPTERA) ВОРОНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА…….. 293

ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Игнатова Ю.В., Прохорова Н.Л., Харченко Н.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ СВИНЦА (II) В ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОБЕГАХ ОДНОЛЕТНИХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ, НА ПРИМЕРЕ Г. ВОРОНЕЖА……. 302
Наседкин Н.Е., Девятова Т.А., Румянцева И.В., Голубева Д.Е., Селявкина Д.Р., Храмченкова А.Н. БИОПОТЕНЦИАЛ БУРАЧНИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*BORAGO OFFICINALIS* L.), ВЫРАЩИВАЕМОГО В КАЧЕСТВЕ СИДЕРАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ…….. 310
Селявкина Д.Р., Девятова Д.А., Румянцева И.В., Наседкин Н.Е., Голубева Д.Е., Храмченкова А.В. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ BORAGO OFFICINALIS С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ…… 316
Яковенко Н.В., Иманалиев Б.Т., Писарев А.Е., Желенков О.Г. МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ (2020–2024 ГГ.)……. 322
Яковенко Н.В., Подласкина С.Ю. КРИТЕРИИ ОТБОРА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ОЛИМПИЙСКИХ ПАРКОВ В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЛИМПИЙСКОГО ПАРКА)…….. 329

ЗНАЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Полякова Н.В., Полякова А.М. РОЛЬ ПРИШКОЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ…….. 333

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: МНОГООБРАЗИЕ, ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

УДК: 630:581.522.4+581.524.2

DOI: 10.58168/EnvPr2026_7-12

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

USE OF INTRODUCED TREE SPECIES FOR RESTORING FORESTS IN THE FOREST-STEPPE ZONE: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS

Балаба В.С., студентка 3 курса Лесного факультета, направление подготовки «Экология и природопользование» ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Balaba V.S., 3rd year student of the Faculty of Forestry, field of study "Ecology and Nature Management" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Павлова К.И., студентка 3 курса Лесного факультета, направление подготовки «Экология и природопользование» ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Pavlova K.I., 3rd year student of the Faculty of Forestry, field of study "Ecology and Nature Management" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Пелих А.Н., студентка 3 курса Лесного факультета, направление подготовки «Экология и природопользование» ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Pelikh A.N., 3rd year student of the Faculty of Forestry, field of study "Ecology and Nature Management" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Моисеева Е.В., доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Moiseeva E.V., Associate Professor of the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

© Балаба В. С., Павлова К. И., Пелих А. Н., Моисеева Е. В., 2026

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможностей применения чужеродных древесных пород при лесовосстановлении лесостепной зоны. Рассмотрены как потенциальные преимущества, так и экологические угрозы. Анализируя российские и зарубежные источники (2018–2026 гг.) установлено, что широкое использование инвазионных видов (клен ясенелистный, робиния) снижает видовое разнообразие коренных сообществ в 2–3 раза, ухудшает почвенные условия и ведёт к синантропизации. Особое внимание уделено регионам Средней России и Приволжской возвышенности. Обращено внимание, что наиболее агрессивные инвазионные виды способны полностью преобразовывать напочвенный покров и вытеснять аборигенную флору на обширных территориях. Дополнительно анализируются нормативные аспекты. Подчеркнута роль нового Приказа Рослесхоза №181, который вступает в роль с 1 сентября 2026 года и будет действовать до 2031г... Выделена узкая ниша для ограниченной интродукции — восстановление экстремально нарушенных земель. Рассматривается опыт зарубежных специалистов по облесению техногенных отвалов и засоленных почв. Основное внимание уделено работам, выполненным в Турции и Северном Прикаспии. Проведено сравнение эффективности различных интродуцентов и сделан вывод, что кустарниковые формы нередко превосходят древесные по приживаемости на бедных субстратах.

Abstract. The article is devoted to the study of the possibilities of using alien tree species in the reforestation of the forest-steppe zone. Both potential advantages and environmental threats are considered. Analyzing Russian and foreign sources (2018-2026), it was found that the widespread use of invasive species (ash maple, robinia) reduces the species diversity of indigenous communities by 2-3 times, worsens soil conditions and leads to synanthropization. Special attention is paid to the regions of Central Russia and the Volga upland. Attention is drawn to the fact that the most aggressive invasive species are able to completely transform the ground cover and displace the native flora in vast territories. Additionally, the regulatory aspects are analyzed. The role of the new Order of the Federal Forestry Agency No. 181, which takes effect on September 1, 2026 and will be valid until 2031, was emphasized... A narrow niche has been identified for limited introduction — the restoration of extremely disturbed lands. The experience of foreign specialists in afforestation of man-made dumps and saline soils is considered. The main focus is on the work carried out in Turkey and the Northern Caspian region. A comparison of the effectiveness of various introducers has been carried out and it has been concluded that shrubby forms often outperform woody forms in terms of survival on poor substrates.

Ключевые слова. лесостепная зона, интродуценты, инвазионные виды, лесовосстановление, биоразнообразие, *Acer negundo*, чужеродные виды.

Keywords. forest-steppe zone, introduced species, invasive species, reforestation, biodiversity, Acer negundo, alien species.

Лесостепь — это по сути сложная транзитная зона между лесом и степью. Антропогенная нагрузка на эти территории возрастает: ландшафты дробятся, почвы истощаются, влаги критически мало [1]. Из-за деградации среды коренным породам — сосне обыкновенной (Pinus sylvestris), березе повислой (Betula pendula) и дубу черешчатому (Quercus robur) — крайне тяжело восстанавливаться самостоятельно. Чтобы решить эту проблему, специалисты часто предлагают высаживать стрессоустойчивые интродуценты. Однако это влечет за собой экологические риски. В работах Т. Б. Силаевой описаны

аналогичные тенденции для Приволжской возвышенности [3]. При оценке перспектив внедрения чужеродных деревьев, мы поняли — нужен строгий комплексный подход. Нами было проведено подробное сопоставление отечественного опыта с методами лесоразведения в засушливых регионах Турции и Северного Прикаспия. Разумеется, мы учитывали нормативные требования обновленного Приказа Рослесхоза № 181 от 01.04.2026. Сопоставление данных позволило определить баланс между реальной хозяйственной пользы и экологических рисков для лесостепи. Основной риск выращивания экзотов именно в их инвазионном потенциале: они способны стихийно расселяться и полностью трансформировать естественные экосистемы. Полевые данные по Средней России верифицируют указанные риски. В сообществах, где закрепились клен ясенелистный (Acer negundo) или робиния ложноакациевая (Robinia pseudoacacia), показатели биоразнообразия падают в несколько раз по сравнению с коренными лесами. Под пологом инвазионных пород трансформируются свойства почвы: растет общая кислотность и меняется азотный обмен, что исключает возобновление автохтонных видов [4]. В лесах Приволжской возвышенности доля таких адвентивных элементов уже достигает 17% [5]. Согласно Приказу Рослесхоза № 181 от 01.04.2026, для лесостепного района европейской части России клен ясенелистный официально отнесен к опасным инвазионным видам, подлежащим обязательному искоренению. Использовать эту быстрорастущую породу для лесовосстановления теперь прямо запрещено законом.

Но наш анализ показывает: если за ними строго следить, то некоторые интродуценты могут приносить пользу. Например, когда надо восстановить старые отвалы или солончаки, там среда настолько жесткая, что обычные древесные породы просто гибнут. Мы изучили 50-летние наблюдения в дендрариях Северного Прикаспия, там сухой климат, похожий на южную лесостепь. Оказалось, что некоторые виды могут успешно приживаться: это вяз мелколистный (Ulmus pumila), гледичия трехколючковая (Gleditsia triacanthos) и пара форм черешчатого дуба [4]. Но за такими посадками нужен постоянный контроль. Очень интересные данные мы нашли в турецком эксперименте по облесению степей в Центральной Анатолии. Там пять лет следили за деревьями и получили отличную выживаемость, так лох узколистный (Elaeagnus angustifolia) показал 80%, робиния (Robinia pseudoacacia) и ясень узколистный — около 70%. А кустарниковый миндаль восточный (Amygdalus orientalis) вообще выдал 95%. Из-за этого его считают очень перспективным, чтобы укреплять склоны и опушки.

Если сравнить эти две группы данных, мы увидим дисбаланс. Клен и робиния приживаются отлично, но они фактически превращают дикую природу в культурный ландшафт и просто вытесняют местную флору. Г. Г. Соколова на примере Алтая показала,

что когда человек разбивает березовые леса, появляются «окна» для инвазии. В таких условиях регенерация первичного сообщества без жесткой вырубки чужеродных видов становится технически невыполнимой [5]. По итогам проведенного нами анализа мы разработали систему допусков для использования древесных интродуцентов в лесостепных условиях (таблица 1).

Таблица 1 - Оценка рисков при использовании древесных интродуцентов для лесостепной зоны

Вид	Тип стратегии	Допустимость для лесовосстановления	Основной риск для экосистем
Acer negundo (клен ясенелистный)	Инвазионный, трансформер	**Запрещено (Приказ № 181)**	Вытеснение местных видов, смена эдафотопа
Robinia pseudoacacia (робиния)	Потенциально инвазионный	Не рекомендуется (только нарушенные земли)	Азотфиксация → эвтрофикация, угнетение разнотравья
Elaeagnus angustifolia (лох узколистный)	Условно-инвазионный	Ограниченно (фитомелиорация)	Засоление под кроной (локально)
Betula pendula (береза повислая, местный вид)	Аборигенный	**Рекомендуется**	Слабая устойчивость к рекреации

Лесовосстановление требует индивидуального подхода и отказа от шаблонных решений, при этом сплошная интродукция в лесостепи признана неоправданной. Законодательный запрет на агрессивные виды, согласно Приказу Рослесхоза № 181, призван сохранить нативную флору, ограничивая использование интродуцентов только экстремально нарушенными участками.

Список литературы

1. Лепешкина Л.А., Клевцова М.А. Эколого-ценотическая роль инвазионных древесных растений в лесостепных экосистемах Средней России / Л.А. Лепешкина, М.А. Клевцова // Экосистемы. – 2024. – Т. 28, № 2. – С. 113-123.

2. Силаева Т.Б. Инвазионные виды как угроза степному биоразнообразию // Степи Северной Евразии : материалы VI Международного симпозиума (Оренбург, 2012 г.). Оренбург, 2012. С. 112-124.

3. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 01.04.2026 № 181 «Об установлении перечня опасных видов инвазивных (чужеродных) растений, которые не отнесены к карантинным объектам, способны нанести вред лесам как экологической системе и лесным ресурсам и в отношении которых должны приниматься меры по их выявлению, предупреждению их распространения и их уничтожению». – Зарегистрирован в Минюсте России 02.04.2026 № 85851. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 10.05.2026).

4. Sizemskaya M.L., Sapanov M.K. Features of the introduced species composition and state in the arboreta of Dzhanybek research station in the Northern Pre-Caspian Semi-Desert / M.L. Sizemskaya, M.K. Sapanov // Растительные ресурсы. – 2024. – Т. 60, № 1. – С. 80-93. – DOI: 10.31857/S0033994624010059.

5. Sokolova G.G., Borodulina I.D. Natural and anthropogenic fragmentation of the birches in the forest-steppe zone of the Altai territory / G.G. Sokolova, I.D. Borodulina // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. – Vol. 8, No 4. – P. 370-374.

6. Yildiz O., Altundağ E., Çetin B., Güner Ş.T., Sargıncı M., Toprak B. Experimental arid land afforestation in Central Anatolia, Turkey / O. Yildiz, E. Altundağ, B. Çetin [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2018. – Vol. 190. – Article 355. – DOI: 10.1007/s10661-018-6724-1.

References

1. Lepeshkina L.A., Klevtsova M.A. Ecological and cenotic role of invasive woody plants in forest-steppe ecosystems of Central Russia / L.A. Lepeshkina, M.A. Klevtsova // Ecosystems. - 2024. - Vol. 28, No. 2. - Pp. 113-123.

2. Silaeva T.B. Invasive species as a threat to steppe biodiversity // Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the VI International Symposium (Orenburg, 2012). Orenburg, 2012. Pp. 112-124.

3. Order of the Federal Forestry Agency of 01.04.2026 No. 181 "On establishing a list of dangerous species of invasive (alien) plants that are not classified as quarantine objects, are capable of harming forests as an ecological system and forest resources and in respect of which measures must be taken to identify them, prevent their spread and destroy them." - Registered in the Ministry of Justice of Russia on 02.04.2026 No. 85851. - Text: electronic // Official Internet Portal of Legal Information. - URL: http://pravo.gov.ru (date of access: 10.05.2026).

4. Sizemskaya M.L., Sapanov M.K. Features of the introduced species composition and state in the arboreta of Dzhanybek research station in the Northern Pre-Caspian Semi-Desert / M.L. Sizemskaya, M.K. Sapanov // Plant resources. – 2024. – T. 60, No. 1. – P. 80-93. – DOI: 10.31857/S0033994624010059.

5. Sokolova G.G., Borodulina I.D. Natural and anthropogenic fragmentation of the birches in the forest-steppe zone of the Altai territory / G.G. Sokolova, I.D. Borodulina // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. – Vol. 8, No. 4. – P. 370-374.

6. Yildiz O., Altundağ E., Çetin B., Güner Ş.T., Sargıncı M., Toprak B. Experimental arid land afforestation in Central Anatolia, Turkey / O. Yildiz, E. Altundağ, B. Çetin [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2018. – Vol. 190. – Article 355. – DOI: 10.1007/s10661-018-6724-1.

УДК: 630*181

DOI: 10.58168/EnvPr2026_13-20

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕСОВ: ВОДООХРАННАЯ, ПОЧВОЗАЩИТНАЯ, КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ

ECOLOGICAL FUNCTIONS OF FORESTS: WATER PROTECTION, SOIL PROTECTION, AND CLIMATE REGULATION

Богачук Д.О., студентка 2 курса Лесного факультета, направление подготовки «Государственное управление лесами ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф.Морозова», Россия, Воронеж

Bogachuk D.O., 2nd-year student of the Faculty of Forestry, majoring in "Public Forest Management", Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Потрашкова В.В., студентка 2 курса Лесного факультета, направление подготовки «Государственное управление лесами ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф.Морозова», Россия, Воронеж

Potrashkova V.V., 2nd-year student of the Faculty of Forestry, majoring in "Public Forest Management", Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Аннотация: В статье рассмотрены экологические функции лесов — водоохранная, почвозащитная и климаторегулирующая. На основе анализа отечественных и зарубежных источников показано, что леса играют ключевую роль в регулировании гидрологического режима, предотвращении эрозии и деградации почв, а также в глобальном цикле углерода и формировании климата. Особое внимание уделено влиянию природных (пожары) и антропогенных (вырубки, промышленное загрязнение, рекреационная нагрузка) факторов, которые существенно ослабляют экологический потенциал лесных экосистем. Показано, что для восстановления нарушенных функций необходимо создание искусственных насаждений ценных лиственных пород и поддержание биоразнообразия. Отмечена недостаточная разработанность методов эколого-экономической оценки «невесомых» полезностей леса. Сделан вывод о необходимости комплексного междисциплинарного подхода к управлению лесами в условиях глобальных изменений климата.

Abstract: The article examines the ecological functions of forests — water protection, soil protection, and climate-regulating. Based on an analysis of domestic and foreign sources, it is shown that forests play a key role in regulating hydrological regimes, preventing erosion and soil degradation, as well as in the global carbon cycle and climate formation. Special attention is paid to the impact of natural (fires) and anthropogenic (logging, industrial pollution, recreational load) factors, which significantly weaken the ecological potential of forest ecosystems. It is shown that to restore impaired functions, it is necessary to create artificial plantations of valuable deciduous species and maintain biodiversity. The insufficient development of methods for the ecological-economic assessment of the "weightless" benefits of forests is noted. The conclusion is made about the need for an integrated interdisciplinary approach to forest management in the context of global climate change.

© Богачук Д. О., Потрашкова В. В., 2026

Ключевые слова: экологические функции лесов, водоохранная функция, почвозащитная функция, климаторегулирующая функция, углеродный цикл, биоразнообразие, антропогенное воздействие, лесные пожары, вырубки лесов, искусственные насаждения, эколого-экономическая оценка, устойчивое лесопользование.

Keywords: ecological functions of forests, water protection function, soil protection function, climate-regulating function, carbon cycle, biodiversity, anthropogenic impact, forest fires, deforestation, artificial plantations, ecological-economic assessment, sustainable forest management.

Введение. В современном научном дискурсе наблюдается устойчивый переход от восприятия леса преимущественно как источника древесного сырья к признанию его многофункциональной роли в поддержании биосферного равновесия [1, 5]. Разнообразие полезных функций лесных экосистем всё чаще приравнивается к специфическому виду общественно значимых услуг, что требует пересмотра методологических подходов к их оценке и управлению [1]. Особое место в этой системе занимают экологические функции лесов, включающие водоохранную, почвозащитную и климаторегулирующую, которые обеспечивают стабильность гидрологического режима, предотвращают эрозию и деградацию почв, а также участвуют в глобальном цикле углерода и формировании локального и глобального климата [1–4]. Однако, как отмечают исследователи, «невесомая полезность» леса зачастую остаётся за рамками традиционного экономического учёта, что ведёт к недооценке его средообразующей роли и нерациональному природопользованию [1, 5].

Проблема приобретает особую остроту под воздействием природных и антропогенных факторов. Пожары, вырубки, промышленное загрязнение воздуха и рекреационная нагрузка существенно трансформируют пулы углерода, нарушают водный режим и снижают почвозащитный потенциал лесных экосистем [2, 7]. В ряде регионов, в том числе на урбанизированных территориях, наблюдается сдвиг кислотно-щелочного баланса почв и накопление тяжёлых металлов, что подрывает способность лесов к саморегуляции и выполнению экосистемных функций [7]. В связи с этим возникает необходимость не только консервации, но и активного восстановления природоохранных функций лесов, в том числе путём создания искусственных насаждений ценных лиственных пород, повышающих биоразнообразие и устойчивость лесных экосистем [6].

В последние годы всё большее внимание уделяется взаимосвязи между биоразнообразием и климаторегулирующими функциями лесов. Исследования показывают, что сохранение таксономического, функционального и структурного разнообразия является основой адаптации лесов к глобальным изменениям климата [4]. При этом большинство существующих работ фокусируется на влиянии отдельных видов растений или животных, тогда как комбинированное воздействие биоты разных трофических уровней на полноту

реализации климаторегулирующих функций остаётся недостаточно изученным [4]. Кроме того, эколого-экономическая оценка лесного потенциала регионов, включающая не только древесные ресурсы, но и экологические функции, разработана пока фрагментарно и требует внедрения междисциплинарных подходов [3, 5].

Водоохранная функция леса является одной из ключевых средообразующих полезностей, обеспечивающих устойчивость гидрологического режима территорий. Сущность этой функции заключается в способности лесных экосистем регулировать речной сток, переводить поверхностные воды во внутрипочвенные и грунтовые, а также улучшать качество водных ресурсов [1, 5].

Механизм водоохранного действия леса многогранен. Лесная подстилка и корневые системы деревьев способствуют снижению скорости поверхностного стока талых и ливневых вод, предотвращая эрозию и способствуя инфильтрации влаги в почву. Как отмечается в исследованиях, лес является наиболее эффективным средством сокращения поверхностного стока и перевода его во внутренний, подпочвенный сток, что предотвращает обмеление рек в летний период. Кроме того, лесные массивы выполняют важную фильтрационную роль, задерживая загрязняющие вещества и способствуя очистке воды. Глобальная оценка лесных ресурсов (ФАО) выделяет защиту водных ресурсов в качестве одной из приоритетных функций лесов, и к 2010 году площадь лесов, предназначенных для защиты почв и вод, составляла около 1 млрд га, или 25% всех лесов мира [1, 5].

Водоохранная функция тесно связана с климаторегулирующей: через транспирацию леса возвращают влагу в атмосферу, формируя «облачные леса», которые собирают влагу из облаков и увеличивают количество осадков, а также снижают засоление почв . Нарушение этой функции вследствие вырубок, пожаров или рекреационной нагрузки ведёт к учащению паводков, обмелению рек и деградации водных экосистем. Таким образом, сохранение водоохранной способности лесов является необходимым условием устойчивого водопользования и предотвращения гидрологических катастроф [1, 2, 7].

Почвозащитная функция леса заключается в способности лесных экосистем предотвращать эрозию, деградацию и потерю плодородия почв. Леса выполняют важнейшую антиэрозионную роль, особенно в горных и холмистых местностях, а также в зонах рискованного земледелия. Корневые системы деревьев и кустарников скрепляют почвенные частицы, препятствуя смыву и ветровой эрозии, а лесная подстилка смягчает удар капель дождя и способствует накоплению гумуса [1, 5].

По данным глобальной оценки лесных ресурсов, значительные площади лесов выделены именно для выполнения почвозащитных функций. В мире насчитывается около 1 млрд га лесов, где почвозащита является основной или одной из основных задач, включая

3,6% мировых лесов, предназначенных для борьбы с опустыниванием (в основном в Африке и Центральной Азии), и 5,1% – для защиты от эрозии и наводнений. Почвозащитные функции лесов оцениваются, в том числе, и по экономическим показателям – например, по предотвращённому ущербу от селей, паводков и лавин, а также по снижению затрат на восстановление питательных веществ в повреждённых почвах [1].

Особое значение почвозащитная функция приобретает в условиях антропогенного пресса. Промышленные вырубки, пожары и рекреационная нагрузка приводят к обнажению почвы, развитию эрозионных процессов и снижению органического вещества [2, 7]. Исследования в городских лесах показывают, что при высокой рекреационной нагрузке происходит деструкция лесной подстилки и снижение минерализации элементов питания растений [7]. На засушливых территориях, где леса деградируют или фрагментированы, запускается процесс опустынивания с катастрофическими экологическими и социально-экономическими последствиями [1]. В связи с этим создание искусственных почвозащитных насаждений, в том числе из ценных лиственных пород (клёна, липы, вяза), рассматривается как эффективная мера повышения природоохранных функций лесов и обогащения почвы кальцием и другими элементами [6]. Таким образом, почвозащитная функция леса является неотъемлемым компонентом устойчивого землепользования и сохранения продуктивности ландшафтов.

Климаторегулирующая функция леса является одной из наиболее значимых среди экологических функций, поскольку она оказывает влияние на глобальные и локальные климатические процессы, включая углеродный цикл, температурный режим, влагооборот и качество атмосферного воздуха. Леса участвуют в формировании климата на всех пространственных уровнях — от локального до биосферного, выступая как важнейший компонент глобальной климатической системы [1, 4, 5].

Лесные экосистемы являются одним из наиболее мощных резервуаров углерода на планете. Они аккумулируют до 99,9% углекислого газа в своей фитомассе, а также депонируют углерод в лесной подстилке и почвенном органическом веществе. На долю российских лесов приходится более 20% мировых лесных ресурсов, и они играют ключевую роль в стабилизации глобальных климатических процессов. Согласно оценкам, сток углерода в зоне бореальных лесов России составляет от 500 до 700 млн т углерода в год. Однако при деградации лесов, вызванной пожарами, вырубками или техногенным загрязнением, эти экосистемы могут превращаться из стока в источник углерода. Например, интенсивный пожар в лиственничнике Центральной Сибири привёл к потере 44% экосистемного пула углерода, а эмиссия углерода в атмосферу составила 36,6 т С/га от сгорания надземной биомассы и 11,9 т С/га от выгорания подстилки [2, 5].

Леса производят около 40% кислорода, поступающего от зелёных растений планеты, и поглощают значительные объёмы углекислого газа, тем самым противодействуя парниковому эффекту. В процессе фотосинтеза деревья преобразуют неорганические вещества (CO_2, воду, соли) в органические, выделяя кислород. При этом древесные растения благодаря продолжительности жизни (80–300 лет) консервируют органическое вещество на длительный срок, и около 90% общего запаса органического вещества Земли сосредоточено именно в лесах [5].

Климаторегулирующая функция леса проявляется также в смягчении температурных экстремумов. Под пологом леса температура воздуха и интенсивность солнечной радиации значительно ниже, чем на открытых участках; относительная влажность воздуха летом на 10–20% выше. Благодаря транспирации (испарению воды листьями и хвоей) леса возвращают влагу в атмосферу, способствуя формированию облачности и выпадению осадков, что особенно важно для засушливых регионов. В городских условиях зелёные насаждения снижают эффект «теплового острова» и улучшают микроклимат [1, 3, 5, 7].

Природные и антропогенные факторы, такие как пожары, вырубки и промышленное загрязнение, приводят к утрате климаторегулирующей способности лесов. Пожары высокой интенсивности снижают пул углерода в древостоях на 18–20% и более, а в напочвенном покрове — до 63%. Вырубки коренных древостоев сокращают долю фитомассы в общем пуле углерода с 50–63% до 6–16%, и для восстановления углерододепонирующей функции требуются десятилетия. Техногенное загрязнение на Севере (например, выбросы Норильского комбината) приводит к снижению запасов углерода в древесном ярусе в 39 раз, а в напочвенной растительности — в 8 раз. В городских лесах содержание тяжёлых металлов и серы в ассимиляционных органах деревьев превышает фоновые значения в 2–20 раз, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения и снижении экосистемных услуг [2, 7].

Климаторегулирующие функции лесов тесно связаны с их биоразнообразием. Таксономическое и функциональное разнообразие растений, животных и микроорганизмов определяет полноту реализации таких процессов, как продукция биомассы, разложение органического вещества, формирование почвенного плодородия и водного режима. Старовозрастные малонарушенные леса служат рефугиумами биоразнообразия и хранителями почвенного углерода, однако их роль в комбинированном влиянии разнообразия биоты разных трофических уровней на климаторегулирующие функции ещё недостаточно изучена. Для разработки мероприятий по адаптации лесов к изменениям климата необходимы дальнейшие исследования взаимосвязей между структурным и функциональным разнообразием лесов и их способностью регулировать климат [4].

Заключение. Проведённый анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что экологические функции лесов — водоохранная, почвозащитная и климаторегулирующая — являются фундаментальной основой устойчивости биосферы и благополучия человека. Леса не только обеспечивают человечество древесиной и другими материальными ресурсами, но и выполняют незаменимые средообразующие функции, поддерживая гидрологический режим, предотвращая эрозию и деградацию почв, а также регулируя глобальный и локальный климат [1, 4, 5].

Водоохранная функция лесов проявляется в способности регулировать речной сток, переводить поверхностные воды в грунтовые и улучшать качество водных ресурсов. Лесная подстилка и корневые системы деревьев снижают скорость стока, предотвращают эрозию и способствуют инфильтрации влаги, что делает лес наиболее эффективным средством предотвращения паводков и обмеления рек. Почвозащитная функция заключается в предотвращении эрозии, закреплении почвенных частиц и сохранении плодородия. Корневые системы скрепляют почву, лесная подстилка накапливает гумус, а лесные массивы в глобальном масштабе противостоят опустыниванию и деградации земель. Климаторегулирующая функция связана с депонированием углерода, продукцией кислорода, смягчением температурных экстремумов и участием во влагообороте. Российские леса, на долю которых приходится более 20% мировых лесных ресурсов, играют ключевую роль в стабилизации глобального климата, обеспечивая сток углерода в объёме от 500 до 700 млн т в год [2, 4, 5, 6].

Вместе с тем, природные и антропогенные факторы — пожары, вырубки, промышленное загрязнение и рекреационная нагрузка — существенно ослабляют экологические функции лесов. Пожары приводят к потере до 44% экосистемного пула углерода, вырубки сокращают долю фитомассы в общем пуле углерода с 50–63% до 6–16%, а техногенное загрязнение снижает запасы углерода в древесном ярусе в десятки раз. В городских лесах наблюдается накопление тяжёлых металлов и нарушение кислотно-щелочного баланса, что подрывает способность экосистем к саморегуляции [2, 7]. В связи с этим возникает острая необходимость не только в охране сохранившихся лесов, но и в активном восстановлении их экологических функций, в том числе путём создания искусственных насаждений ценных лиственных пород (клёна, липы, вяза), которые повышают биоразнообразие, обогащают почву и усиливают природоохранный потенциал территорий [6].

Важнейшим условием сохранения и восстановления экологических функций лесов является поддержание их биоразнообразия. Таксономическое, функциональное и структурное разнообразие биоты всех трофических уровней определяет полноту реализации

климаторегулирующих, водоохранных и почвозащитных процессов. Старовозрастные малонарушенные леса служат эталонами и рефугиумами биоразнообразия, однако их роль в комбинированном влиянии разных групп организмов на экосистемные функции остаётся недостаточно изученной [4].

Таким образом, для обеспечения устойчивого лесопользования в условиях глобальных изменений климата необходим комплексный междисциплинарный подход, включающий: совершенствование эколого-экономической оценки лесного потенциала с учётом «невесомых» полезностей леса; разработку мероприятий по охране лесов от пожаров, загрязнения и нерациональных рубок; активное восстановление природоохранных насаждений; а также углублённые исследования связей между биоразнообразием и экологическими функциями лесов на разных пространственных и временных уровнях. Только при таком подходе возможно сохранение и приумножение экологического потенциала лесов как основы жизни на Земле.

Список литературы

1. Бахед Х. А. Защитные функции лесов: содержание и структурная характеристика / Х. А. Бахед // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. — 2020. — № 1 (228).

2. Ведрова Э.Ф., Мухортова Л.В., Кривобоков Л.В. Динамика экологических функций лесов под воздействием природных и антропогенных факторов. Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2018;(147):28-31.

3. Данилин В. Н. Комплексная экономическая оценка хозяйственных и социально-экологических функций леса / В. Н. Данилин, Е. Ф. Млочанов, В. П. Коба // Лесной вестник (1997–2002). — 2002. — № 5. — С. 53–57.

4. Лукина Н. В. Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов: актуальные вопросы и перспективы исследований / Н. В. Лукина, А. П. Гераськина, А. В. Горнов [и др.] // Вопросы лесной науки. — 2020. — Т. 3, № 4. — С. 1–90.

5. Печаткин В. В. Методологические и прикладные вопросы эколого-экономической оценки лесного потенциала регионов России / В. В. Печаткин // Региональная экономика: теория и практика. — 2013. — № 3 (282). — С. 49–54.

6. Якимов Н. И. Повышение природоохранных функций лесов путем создания искусственных насаждений ценных лиственных пород / Н. И. Якимов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3, № 4, ч. 2.

7. Шергина О. В. Оценка экосистемных функций городских лесов по показателям почв и древесных растений / О. В. Шергина, А. С. Миронова, Ю. С. Тупицына // Вестник

Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2022. — Т. 30, № 4. — С. 447–458

References

1. Bahed H. A. Zashchitnyye funktsii lesov: soderzhaniye i strukturnaya kharakteristika [Protective functions of forests: content and structural characteristics]. Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoye khozyaystvo, prirodopolzovaniye i pererabotka vozobnovlyayemykh resursov. 2020;(1(228)).

2. Vedrova E.F., Mukhortova L.V., Krivobokov L.V. Dinamika ekologicheskikh funktsiy lesov pod vozdeystviyem prirodnykh i antropogennykh faktorov [Dynamics of ecological functions of forests under the influence of natural and anthropogenic factors]. Biologiya rasteniy i sadovodstvo: teoriya, innovatsii. 2018;(147):28-31.

3. Danilin V. N., Mlochanov E. F., Koba V. P. Kompleksnaya ekonomicheskaya otsenka khozyaystvennykh i sotsialno-ekologicheskikh funktsiy lesa [Comprehensive economic assessment of economic and socio-ecological functions of the forest]. Lesnoy vestnik (1997–2002). 2002;(5):53-57.

4. Lukina N. V., Geraskina A. P., Gornov A. V., et al. Bioraznoobrazie i klimatoreguliruyushchiye funktsii lesov: aktualnyye voprosy i perspektivy issledovaniy [Biodiversity and climate-regulating functions of forests: current issues and research prospects]. Voprosy lesnoy nauki. 2020;3(4):1-90.

5. Pechatkin V. V. Metodologicheskiye i prikladnyye voprosy ekologo-ekonomicheskoy otsenki lesnogo potentsiala regionov Rossii [Methodological and applied issues of ecological-economic assessment of forest potential in Russian regions]. Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika. 2013;(3(282)):49-54.

6. Yakimov N. I. Povysheniye prirodookhrannykh funktsiy lesov putem sozdaniya iskusstvennykh nasazhdeniy tsennykh listvennykh porod [Increasing the environmental protection functions of forests by creating artificial plantations of valuable deciduous species]. Aktualnyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2015;3(4, part 2).

7. Shergina O. V., Mironova A. S., Tupitsyna Yu. S. Otsenka ekosistemnykh funktsiy gorodskikh lesov po pokazatelyam pochv i drevesnykh rasteniy [Assessment of ecosystem functions of urban forests based on soil and tree indicators]. Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti. 2022;30(4):447-458.

УДК 630.8, 504.062.2

DOI: 10.58168/EnvPr2026_21-28

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПЛОЩАДИ ЛЕСОВ НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВОГО УЧАСТКА НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ASSESSMENT OF THE STATE OF FORESTS ON AGRICULTURAL LANDS, DETERMINATION OF PARAMETERS AND AREA OF FORESTS USING A TEST SITE IN THE UDMURT REPUBLIC

Коршунова Е.А., доцент кафедры экологического, трудового, административного права, основ права и российской государственности Института права социального управления и безопасности Удмуртского государственного университета Россия, г. Ижевск

Korshunova E.A., Associate Professor of the Department of Environmental, Labor, Administrative Law, Fundamentals of Law and Russian Statehood of the Institute of Law, Social Management and Security of the Udmurt State University, Russia, Izhevsk

Аннотация: В настоящее время все чаще на территории России и ее субъектов, возникают спорные вопросы, связанные с использованием, охраной, защитой и воспроизводством лесов, произрастающих на землях сельскохозяйственного назначения. Сейчас по факту такие участки, хоть и заняты древесно-кустарниковой растительностью, визуально выглядящей как лесные насаждения, самостоятельного юридического статуса леса не имеют, что порождает множество проблем, как практических, так и юридических, связанных с использованием земельных участков, на которых такие насаждения произрастают, неопределенностью их статуса и как следствие незащищенностью прав землепользователей и землевладельцев таких участков. В связи с чем, в работе рассмотрена проблема методологического несовершенства подхода к оценке параметров лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения, позволяющих отнести их к лесным. Проведен обзор нормативной правовой базы, устанавливающей категории отнесения древесных насаждений к лесным. Выработаны критерии оценки параметров лесных насаждений и землях сельскохозяйственного назначения. Разработана и предложена методика отнесения растительности на таких земельных участках, позволяющая путем дополнительных качественных и количественных показателей оценки лесных насаждений признать древесно-кустарниковую растительность на землях сельскохозяйственного назначения лесом.

Abstract: Controversial issues related to the use, conservation, protection, and restoration of forests growing on agricultural lands are increasingly emerging in Russia and its constituent entities. Currently, such areas, although occupied by trees and shrubs visually resembling forest plantations, lack the independent legal status of forests. This gives rise to numerous practical and legal problems related to the use of the land plots on which such plantations grow, the uncertainty of their status, and, consequently, the insecurity of the rights of land users and landowners on such plots. Therefore, this paper examines the methodological imperfections of the approach to assessing the parameters of forest stands on agricultural lands that allow them to be classified as forests. A review of the regulatory framework

© Коршунова В. А., 2026

establishing the categories for classifying tree stands as forests is provided. Criteria for assessing the parameters of forest stands on agricultural lands are developed. A methodology for classifying vegetation on such land plots has been developed and proposed. This methodology, using additional qualitative and quantitative indicators for assessing forest stands, allows for the recognition of tree and shrub vegetation on agricultural land as forest.

Ключевые слова: использование лесов, лесные насаждения, сельскохозяйственные угодья, критерии оценки лесов.

Keywords: forest use, forest stands, agricultural land, forest assessment criteria.

В работе рассматривается проблема оценки состояния лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации и их правового регулирования. После принятия в 2006 году Лесного кодекса Российской Федерации, упразднившего колхозные леса, остались практически полностью не урегулированы правоотношения, связанные с использованием лесов на землях сельскохозяйственного назначения, лесные массивы остались на данных землях и в ведение каких-либо государственных органов не передавались. Параллельно с этим повсеместное неиспользование сельскохозяйственных земель, спровоцировало их естественное зарастание древесно-кустарниковой растительностью, в связи с чем возникла юридическая коллизия, когда лесные участки фактические, представляющие собой сформированную лесную экосистему, по юридическим параметрам лесом не являлись и учету не подлежали. Данная ситуация привела к незаконными рубкам таких насаждений, фактически не являющихся лесными, но полностью попадающих под характеристики деловой древесины. Поэтому в 2018 году законодателем изменено лесное законодательство, установившее процедуру использования лесов на участках, отнесенных к категории сельскохозяйственного отношения. Впоследствии отдельным нормативным правовым актом утвержден специальный порядок использования лесов на таких землях. Порядок установил параметры деревьев, при комплексном достижении которых стало возможным применение к таким участкам норм лесного законодательства и использование лесов в полном объеме, либо разработку проекта культуртехнической мелиорации и вовлечение таких участков обратно в сельскохозяйственный оборот. Вместе с тем, реализация новых норм выявила ряд проблем, связанных с определением критериев отнесения таких участков к лесным.

Однако, на практике у многих землепользователей возникает вопрос, каким образом определить, когда реально древесно-кустарниковая растительность на участке начинает относиться по своим характеристикам к лесным насаждениям и ее можно использовать в целях, закрепленной статьей 25 Лесного кодекса Российской Федерации [4]. Следовательно для вовлечения земель сельскохозяйственного назначения в процессы лесовыращивания необходимо разработать дополненные и усовершенствованные методологические подходы к

оценке древесно-кустарниковой растительности. Текущая методологическая база в данной сфере остается недостаточно развитой, что представляет собой ключевую научную проблему, связанную с несовершенством существующих методов оценки качественных и количественных характеристик лесных насаждений, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 21.09.2020 № 1509 (ред. от 13.03.2025) «Об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения» (далее – Постановление № 1509, ПП РФ № 1509) и используемая на практике для принятия решений о признании участков лесными и использования для целей лесопользования.

Целью исследования выделена разработка специализированной методики, позволяющей объективно оценивать качество лесных насаждений, на территориях отнесенных к категории сельскохозяйственных земель.

С целью достижения обозначенного результата автором сформулированы следующие ключевые задачи:

1. Комплексный анализ действующих нормативных правовых актов, регулирующих принципы и критерии категоризации качественных и количественных характеристик лесных насаждений, в том числе на землях сельскохозяйственного назначения.

2. Выработать дополнительные критерии оценки качественных и количественных характеристик лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения, что обеспечит лесопользователю возможность эффективнее выделять участки на сельхозугодьях, подходящие для организации лесовыращивания.

3. Создать методический подход для систематической классификации растительности, произрастающей на землях сельскохозяйственного назначения, с последующим определением ее соответствия, критериям лесных насаждений, допускаемых к использованию в рамках лесопользования.

В действующей редакции ст. 5 Лесного кодекса Российской Федерации использование, охрана, защита, воспроизводство лесов осуществляются исходя из понятия о лесе как об экологической системе или как о природном ресурсе [4]. ГОСТ Р 57938-2017 закрепляет понятие леса, как целостной динамичной экологической системы преимущественно лесных древесных растений, почвы, животных, грибов, микроорганизмов и других природных компонентов, имеющую внутренние взаимосвязи и связи с внешней средой, являющейся частью окружающей среды, источником экологических и социальных благ, а также природным ресурсом для удовлетворения потребностей экономики и населения [2]. То есть лесное законодательство не содержит конкретных параметров и характеристик, при которых

участок на землях лесного фонда признается лесом. Но можно предположить, что при определенных характеристиках участок, занятый растительностью, на землях сельскохозяйственного назначения кардинально меняет экосистему сельскохозяйственных полей и становится соответствующим понятию лесной экологической системы.

Изменения, введенные законодателем в Лесной кодекс Российской Федерации законом от 27.12.2018 № 538-ФЗ [7] и последующие нормативные акты, принятые в данной сфере, предлагают два варианта решения данной проблемы. Первый через процедуру разработки, согласования проекта культуртехнической мелиорации, путем вырубки, выросшей древесно-кустарниковой растительности и вовлечении такого земельного участка обратно в сельскохозяйственный оборот, когда произрастающие на участке древесные насаждения не несут ценности. Второй же вариант, сформулированный в статье 123 Лесного кодекса Российской Федерации [4], закрепляет возможность расположения на землях сельскохозяйственного назначения лесов, которые подлежат освоению с соблюдением целевого назначения таких земель. Так, Постановление РФ № 1509 устанавливает, что к лесам, расположенным на землях сельскохозяйственного назначения, относятся лесные насаждения и (или) древесно-кустарниковая растительность, расположенные на земельных участках сельскохозяйственного назначения, на которых расположены леса (далее - земельные участки) площадью более 0,5 га с деревьями высотой более 5 метров и лесным растительным покровом, составляющим более 75 процентов площади земельного участка, с показателями сомкнутости крон древесного и кустарникового яруса 0,8 - 1 доли площади поверхности земли, занятой проекциями крон деревьев или кустарников [5]. При этом, исходя из перечисленных требований все параметры относительно площади покрытия деревьями земельного участка, их высота и показатели сомкнутости, для придания участку статуса лесного должны присутствовать одновременно. Если хотя бы один из признаков отсутствует, принимается отрицательное решение по использованию участка в качестве лесного.

Проанализировав вышеуказанные нормы лесного законодательства, можно сделать вывод, что конкретные параметры, перечисленные выше, предусмотрены только для древесно-кустарниковых насаждений на землях сельскохозяйственного назначения, в остальных случаях для признания участков лесными на землях иных категорий достижения таких характеристик деревьями не требуется. В случае проведения оценки только по данным показателям невозможно ручаться полностью за достоверность представленных характеристик растительности и возможности отнесения ее к лесу. С большей вероятностью законодатель закрепил совокупность таких критериев для однозначного толкования на всей территории Российской Федерации и исключения возможности злоупотребления правом со

стороны землепользователей, произвольно определяющих параметры лесов. По сути, законодателем взяты параметры, которых не могут достичь кустарники, то есть попадут только те древесные насаждения, из которых в дальнейшем при должном уходе можно получить деловую древесину, с продажи которой государство может получить какую-либо экономическую выгоду. Говоря именно о совокупности данных параметров мы можем предположить, что законодатель таким образом интегрирует в ПП РФ № 1509 требования из Земельного кодекса Российской Федерации по рациональному использованию земельных участков по их целевому назначению [3], то есть несмотря на то, что земля сельскохозяйственного назначения не используется для сельскохозяйственных нужд и целей, она любом случае используется рационально и приносит государству экономическую выгоду. Даже при отказе землепользователя от такого участка государство может экономически выгодно им распорядиться.

С другой стороны, лесное законодательство при определении параметров лесов такие характеристики и требования к участкам с лесом на землях иных категорий не предъявляет, данные факторы зависят только от нахождения его в границах лесничества. При этом, в законодательстве не закреплены нормы, обязывающие государственные органы самим выезжать на место в целях оценки соответствия параметров лесных насаждений. Определение площади земельных участков, занятых лесными насаждениями только по фотографиям или путем осмотра публичной кадастровой карты, без проведения специальных расчетов, не может считаться полностью достоверным и позволяет усомниться в правильности предоставляемых в органы сведений.

Кроме того, ПП РФ № 1509 установлено, что все перечисленные требования не распространяются на мелиоративные лесные насаждения, даже если они подходят под все перечисленные параметры, что в свою очередь также влечет вынесение уполномоченными органами отрицательных заключений и их оспаривание землепользователями. Потому что при одинаковых параметрах лесных насаждений по одним принимается решение об использовании их в качестве лесных, по другим отказывается. В понятие мелиоративных насаждений перечисленные характеристики также не включены, поскольку они в первую очередь предназначены для предотвращения деградации земель. Так, Федеральным законом «О мелиорации земель» агролесомелиоративные насаждения - лесные насаждения естественного происхождения или искусственно созданные на землях сельскохозяйственного назначения или на землях, предназначенных для осуществления производства сельскохозяйственной продукции, в целях предотвращения деградации земель и защиты их от негативного воздействия природного и антропогенного характера посредством

использования почвозащитных и иных полезных функций агролесомелиоративных насаждений [8].

С целью более точной классификации древесно-кустарниковой растительности как лесной предлагается дополнить существующую систему критериями, учитывающими качественные характеристики земель сельскохозяйственного назначения. Среди ключевых параметров предлагается добавить такие как, категория участка, форма собственности, степень расчлененности рельефа, биоразнообразия (таблица 1) что обеспечит ее более детальную оценку.

Таблица 1 – Методика классификации растительности на землях сельскохозяйственного назначения с отнесением к категории лесных насаждений

№	Критерий	Качественные или количественные метрики	Комментарии
1	Высота насаждений	Деревья высотой более 5 метров (по ПП РФ № 1509)	Данные параметры установлены законодателем, их не могут достичь кустарники, то есть попадут только те древесные насаждения, из которых в дальнейшем при должном уходе можно получить деловую древесину, с продажи которой государство может получить какую-либо экономическую выгоду. Даже при отказе землепользователя от такого участка государство может экономически выгодно им распорядиться.
2	Площадь участка	Более 0,5 га (по Постановлению № 1509)	
3	Площадь покрова	Лесной растительный покров, составляющий более 75 % площади участка (по ПП РФ № 1509)	
4	Сомкнутость	Сомкнутости крон древесного и кустарникового яруса 0,8 – 1 доли (по ПП РФ № 1509)	
5	Собственность	Право собственности, право владения, право пользования и другие титулы, а также отнесение участка к государственной, муниципальной или частной собственности	Данный критерий необходим, в первую очередь, потому что, правообладатель обязан использовать участок строго по целевому назначению, если использование лесов осуществляет правообладатель, не являющийся собственником, он обязан получить согласие собственника земельного участка. Кроме того, целесообразно предусмотреть случаи безусловного признания ряда участков, занятых древесными насаждениями, находящимися в федеральной собственности, лесом.
6	Степень расчлененности рельефа	Отношение линейных элементов рельефа к площади участка, крутизна склонов, плотность оврагов, балок, других эрозионных форм	Изначально нецелесообразно выделять участки, занятые, например противоэрозионными насаждениями в оврагах, поскольку они не преследуют целей лесоразведения и лесовыращивания и от их вырубки государство экономическую выгоду не получает. Кроме того, степень расчлененности рельефа может влиять на методы лесовосстановления, рубки, уход за насаждениями и определение мер по предотвращению деградации почв

7	Категория земель	Категории земель, установленные статьями 7 Земельного кодекса РФ [3], 65 Водного кодекса РФ [1], 111, 113 Лесного кодекса РФ [4]	Например, если участок расположен в границах водоохранной зоны, это ограничивает возможность использования растительности на нем в целях лесовыращивания, поскольку на таких участках ограничены виды хозяйственной деятельности
8	Биоразнообразие	Количество видов древесных и кустарниковых пород, доля доминирующих и редких видов, наличие индикаторных видов (растений, животных, микроорганизмов), соотношение возрастных групп растений [6]	Оценка биоразнообразия важна для сохранения экосистемных функций леса и его устойчивости, именно этот критерий будет способствовать определению леса по ГОСТ Р 57938-2017 [2], как целостной экосистемы.

Заключение: Исходя из изложенного можно сделать вывод о необходимости апробации методики в рамках натурных исследований. Таким образом, существующее законодательство, нуждается в доработке и более детальном подходе к уточнению качественных характеристик древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения, используемой в целях лесовыращивания. В последующем исследовательская работа будет направлена на практическую проверку эффективности и работоспособности предлагаемой методики.

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.12.2025, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online (дата обращения 16.05.2026).

2. ГОСТ Р 57938-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Лесное хозяйство. Термины и определения : издание официальное : дата введения 21.11.2017. – Москва, Стандартинформ, 2017. – 19 с.

3. Земельный кодекс Российской Федерации : от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 02.05.2026) // СПС «КонсультантПлюс». − URL: https://www.consultant.ru/ (дата обращения 16.05.2026).

4. Лесной кодекс Российской Федерации : от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 28.07.2012) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online (дата обращения 16.05.2026).

5. Постановление Правительства РФ от 21.09.2020 № 1509 (ред. от 13.03.2025) «Об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения» // СПС «КонсультантПлюс». − URL: https://www.consultant.ru/ (дата обращения 16.05.2026).

6. Реймерс Н.Ф. Эколого-социально-экономический словарь-справочник «Природопользование» / Н.Ф. Реймерс. – М : Изд-во: «Мысль», 1990. − С. 637.

7. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования отношений, связанных с обеспечением сохранения лесов на землях лесного фонда и землях иных категорий : [Принят Государственной Думой 20 января 2021 года]. – Москва, 2021. – 37 с.

8. Российская Федерация. Законы. О мелиорации земель : [Принят Государственной Думой 100января 1996 года]. – Москва, 1996. – 42 с.

References

1. Water Code of the Russian Federation of June 3, 2006, No. 74-FZ (as amended on December 29, 2025, with amendments and additions, effective March 1, 2026) // SPS "ConsultantPlus". – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online (accessed May 16, 2026).

2. GOST R 57938-2017. National Standard of the Russian Federation. Forestry. Terms and Definitions: official publication: date of introduction November 21, 2017. – Moscow, Standartinform, 2017. – 19 p.

3. Land Code of the Russian Federation: No. 136-FZ of October 25, 2001 (as amended on May 2, 2026) // SPS "ConsultantPlus". URL: https://www.consultant.ru/ (accessed on May 16, 2026).

4. Forest Code of the Russian Federation: No. 200-FZ of December 4, 2006 (as amended on July 28, 2012) // SPS "ConsultantPlus". URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online (accessed on May 16, 2026).

5. RF Government Resolution No. 1509 of September 21, 2020 (as amended on March 13, 2025) "On the Specifics of Use, Protection, Conservation, and Reproduction of Forests Located on Agricultural Lands" // SPS "ConsultantPlus". − URL: https://www.consultant.ru/ (accessed May 16, 2026).

6. Reimers, N.F. Ecological, Social, and Economic Dictionary and Handbook "Nature Management". - Moscow: Mysl Publishing House, 1990. − P. 637.

7. Russian Federation. Laws. On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation Regarding Improving the Legal Regulation of Relations Related to Ensuring the Preservation of Forests on Forest Fund Lands and Lands of Other Categories: [Adopted by the State Duma on January 20, 2021]. Moscow, 2021, 37 p.

8. Russian Federation. Laws. On Land Reclamation: [Adopted by the State Duma on January 10, 1996]. Moscow, 1996, 42 p.

УДК 630*432.1

DOI: 10.58168/EnvPr2026_29-33

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ

FEATURES OF FOREST ECOSYSTEMS FORMATION AFTER FIRES

Косарева И.В., ст. преп. кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, г. Воронеж

Корнев И.И., доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, к.б.н., ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, г. Воронеж

Парахневич Т.М., доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, г. Воронеж

Kosareva I.V., Senior Rev. Departments of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Candidate of Agricultural Sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Kornev I.I., Associate Professor of the Departments of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Candidate of Biological Sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Parakhnevich T.M., Associate Professor of the Departments of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Candidate of Agricultural Sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Лесные пожары являются мощным фактором трансформации экосистем, вызывающим смену древесных пород, эрозию почв и длительное нарушение сукцессионных процессов. В работе исследованы последствия низового беглого пожара в Ногинском лесничестве (Московская область). Полевые исследования выявили 100-процентную гибель древостоя. Погибшие насаждения подверглись интенсивному заселению стволовыми вредителями, что превращает данную территорию в источник повышенной пожарной и санитарной опасности для окружающих лесов. Восстановление экосистемы в таких условиях потребует десятилетий и может пойти по нежелательному сукцессионному пути. Для минимизации рисков обоснована необходимость регулярных превентивных мер: ежегодного опахивания территории минерализованными полосами в весенний период и проведения санитарно-оздоровительных мероприятий. Сделан вывод о недопустимости возгораний и необходимости строгого контроля за пожарной безопасностью в лесном фонде.

Abstract. Fires have a significant impact on all components of the forest phytocenosis. For forestry, forest fires have many negative consequences: undesirable change of tree species from conifers to soft-leaved trees; deterioration of the sanitary condition of plantations, outbreaks of pests; reduction of the ecological potential of forests; waterlogging of areas affected by fires; depletion of soils and their erosion. Depending on the forest conditions, the restoration of the forest ecosystem can take several years to decades. However, the restoration process can be gradual. Successions occur with varying intensity. This paper examines a ground fire that occurred in the Noginsk forestry district of the Moscow region. Research conducted in the area affected by the fire revealed that the forest stand was completely destroyed. The trees were infested with stem pests. The dead plantation poses a threat both in terms of fire

© Косарева И. В., Корнев И. И., Парахневич Т. М., 2026

safety and sanitary safety. Due to the poor sanitary condition of the surrounding forest areas, which contributes to a high fire hazard class, it is recommended to plow the area with a fire-resistant mineralized strip every spring. Recommendations have been given to prevent fires in the forest fund.

Ключевые слова: низовой пожар, противопожарные мероприятия, горельник, лесная экосистема.

Keywords: ground fire, fire prevention measures, burnt area, forest ecosystem.

Лесные пожары выступают мощным дестабилизирующим фактором, инициирующим глубокую трансформацию структуры и функционирования природных фитоценозов. Постпирогенное восстановление лесных экосистем представляет собой сложный, многоступенчатый процесс, имеющий свои специфические особенности. Они напрямую связаны с механизмами регенерации растительного покрова, миграцией или гибелью компонентов животного мира, деградацией и последующей реабилитацией почвенного профиля, а также с фундаментальными изменениями в выполнении лесом средообразующих и экологических функций.

С экологической точки зрения, пожар представляет собой катастрофическое событие, в результате которого происходит радикальная деструкция сложившегося биоценоза. В первую очередь уничтожается или подвергается критическому повреждению верхний (древесный) ярус растительности, который выступает эдификатором и определяет тип всего лесного сообщества. Высокие температуры приводят к термической гибели генеративного банка семян в верхних горизонтах почвы; условия для естественного возобновления сохраняются преимущественно у видов, обладающих глубоко залегающими корневищами или защищенными толстой корой почками. Как следствие, происходит резкое обеднение видового разнообразия травяно-кустарничкового яруса и фауны. Освободившиеся экологические ниши и участки с повышенной инсоляцией стремительно захватываются пионерными и рудеральными (сорными) видами растительности. Огню подвергаются не только фитофаги, но и полезные представители энтомофауны: естественные враги вредителей, а также сапротрофные насекомые, играющие ключевую роль в процессах деструкции органики и почвообразования. Термическому воздействию подвергается и значительная часть полезной почвенной микрофлоры, включая азотфиксирующие и целлюлозоразрушающие микроорганизмы. В результате на месте гарей запускается процесс пирогенной сукцессии – закономерной, направленной и длительной смены одного биоценоза другим на определенном участке среды обитания [2].

В прикладном аспекте лесного хозяйства последствия пожаров носят комплексный и долгосрочный негативный характер. Ключевыми из них являются: нежелательная смена коренных хвойных древостоев на производные мягколиственные породы (береза, осина), что снижает хозяйственную ценность леса; резкое ухудшение санитарного состояния уцелевших

насаждений и последующие вспышки размножения стволовых вредителей; существенное снижение водоохранного, климаторегулирующего и рекреационного потенциала лесов. Кроме того, из-за гибели транспирирующей поверхности деревьев нарушается водный баланс, что часто приводит к вторичному заболачиванию пройденных пожаром территорий, а также к ускоренной минерализации гумуса, обеднению почв и развитию эрозионных процессов.

Таким образом, каждый случай крупного лесного пожара обоснованно рассматривается не просто как хозяйственная проблема, а как полноценная экологическая катастрофа. Масштаб последствий многократно превышает прямые экономические убытки от безвозвратной потери древесного ресурса. Глубокой, зачастую труднообратимой негативной трансформации подвергается экосистема в целом, затрагивая все без исключения компоненты растительного и животного мира, а также нарушая естественный баланс природной среды [3].

Цель данной работы – детальное рассмотрение низового пожара, произошедшего в Ногинском лесничестве Московской области весной 2020 года.

В кварталах 119 и 106 Аверкиевского участкового лесничества площадь низового беглого пожара на момент его обнаружения составила 0,3 га, на момент начала тушения – 0,7 га. Площадь пожара на момент ликвидации составила 1,65 га [1].

Спустя два года пройденное пожаром насаждение в кв. 106 погибло и было отведено под проведение сплошной санитарной рубки (рисунок 1, 2).

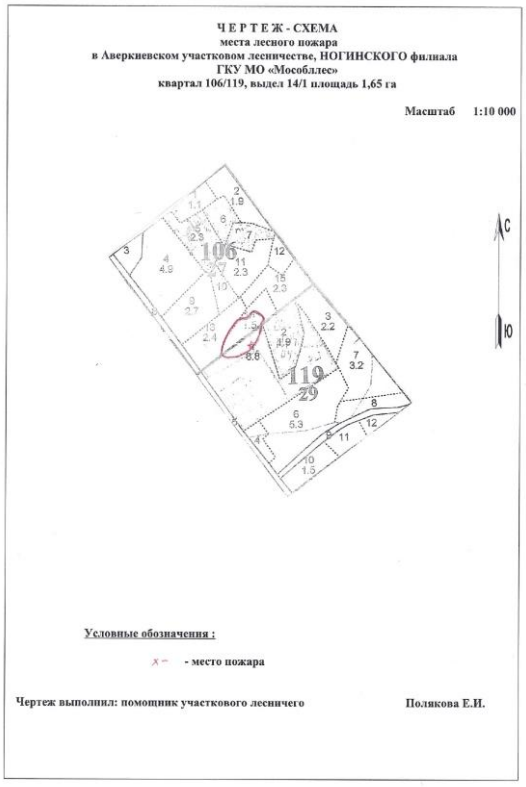
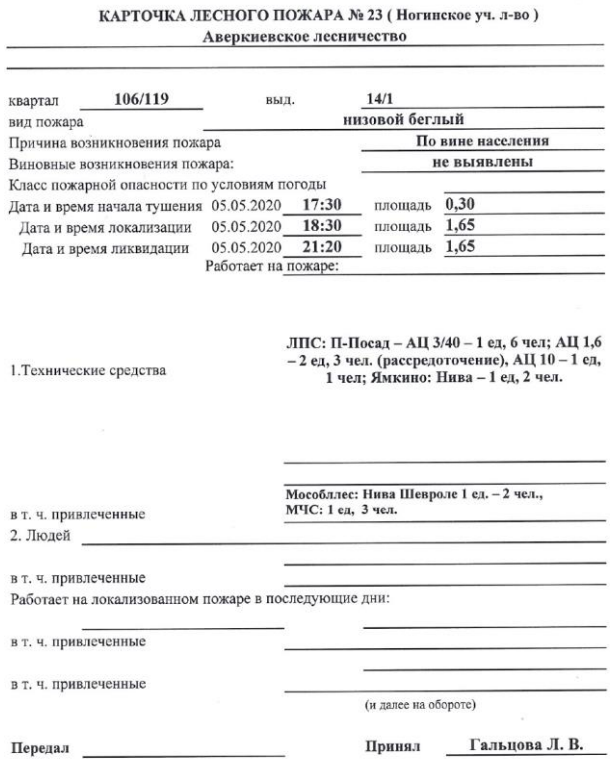


Рисунок 1 – Чертёж-схема места лесного пожара



КАРТОЧКА ЛЕСНОГО ПОЖАРА № 23 (Ногинское уч. л-во)
Аверкиевское лесничество

квартал 106/119 выд. 14/1
вид пожара низовой беглый
Причина возникновения пожара По вине населения
Виновные возникновения пожара: не выявлены
Класс пожарной опасности по условиям погоды
Дата и время начала тушения 05.05.2020 17:30 площадь 0,30
Дата и время локализации 05.05.2020 18:30 площадь 1,65
Дата и время ликвидации 05.05.2020 21:20 площадь 1,65
Работает на пожаре:

1.Технические средства ЛПС: П-Посад – АЦ 3/40 – 1 ед, 6 чел; АЦ 1,6 – 2 ед, 3 чел. (рассредоточение), АЦ 10 – 1 ед, 1 чел; Ямкино: Нива – 1 ед, 2 чел.

в т. ч. привлеченные Мособллес: Нива Шевроле 1 ед. – 2 чел., МЧС: 1 ед, 3 чел.
2. Людей
в т. ч. привлеченные
Работает на локализованном пожаре в последующие дни:
в т. ч. привлеченные
в т. ч. привлеченные
(и далее на обороте)

Передал Принял Гальцова Л. В.

Рисунок 2 – Карточка лесного пожара

Весной 2022 года граница 1 и 3 выделов 119 квартала была опахана противопожарной минерализованной полосой длиной 2,4 км. Осенью того же года была проведена её прочистка.

Заключение

Результаты полевых исследований на пройденной огнем территории свидетельствуют о полной гибели древостоя. Погибшие деревья интенсивно заселены стволовыми вредителями. Согласно классификации И. С. Мелехова, данный горельник относится к категории сухостойных и валежных насаждений. Высокая степень захламленности привела к нарушению водного режима и вторичному заболачиванию территории, индикатором которого выступает доминирование в живом напочвенном покрове сфагнума болотного и кукушкина льна обыкновенного. Подобное состояние насаждения формирует критическую угрозу как с позиций пожарной, так и санитарной безопасности.

В связи с неудовлетворительным санитарным состоянием прилегающих лесных массивов (наличие действующих очагов короеда-типографа, обилие сухостоя и высокая захламленность), обусловливающим высокий класс пожарной опасности, рекомендуется

ежегодное устройство и обновление весной противопожарных минерализованных полос по периметру данной территории. Кроме того, в приоритетном порядке необходимо провести санитарную рубку в погибшем насаждении (15 выдел 106 квартала Аверкиевского лесничества) с целью снижения пожарной опасности участка и обеспечить своевременную очистку лесосеки от порубочных остатков. Данная мера приобретает особую актуальность ввиду того, что в смежном 3 выделе 119 квартала весной 2021 года созданы лесные культуры сосны, а хвойные молодняки характеризуются повышенной уязвимостью к пожарам.

Список литературы

1. Косарева, И. В. Объемы проведения противопожарных мероприятий в Ногинском лесничестве Московской области / И. В. Косарева, М. А. Коршунова // Fundamental science and technology. – Уфа, 2023. – С. 134-138.

2. Медведева, А. В. Лесные пожары как экологическая проблема / А. В. Медведева // Молодой ученый. – 2020. – № 18 (308). – С. 223-224.

3. Ушатин, И. П. Лесная пирология: учебное пособие / И. П. Ушатин; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – 2-е изд., с изм. – Воронеж, 2018. – 120 с.

References

1. Kosareva, I. V. The volume of fire prevention measures in the Noginsk forestry of the Moscow region / I. V. Kosareva, M. A. Korshunova // Fundamental science and technology. – Ufa, 2023. – P. 134-138.

2. Medvedeva, A. V. Forest fires as an environmental problem / A. V. Medvedeva // Young scientist. – 2020. – No. 18 (308). – Pp. 223-224.

3. Ushatin, I. P. Forest Pyrology: Textbook / I. P. Ushatin; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, FGBOU VO "VGLTU". – 2nd ed., with changes. – Voronezh, 2018. – 120 p.

УДК: **630*182.5: 674.032.475.442 (1-924.85)**
DOI: 10.58168/EnvPr2026_34-42

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СТАРОВОЗРАСТНЫХ (100-150 ЛЕТ) СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF OLD-AGE (100-150 YEARS) PINE STANDSOF THE CENTRAL FOREST-STEPPE IN VARIOUS FOREST CONDITIONS

Литовченко Д.А., кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Litovchenko D.A., candidate of biological sciences, associate professor of the Department of Forestry, Forest Inventory and Forest Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Мироненко А.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Mironenko A.V., candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department of Forestry, Forest Inventory and Forest Management Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Матвеев С.М., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Matveev S.M., doctor of biological sciences, professor, head of the Department of Forestry, Forest Inventory and Forest Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Проведена оценка структуры (диаметров на высоте 1,3 м и высот) 100-150-летних естественных сосновых древостоев Центральной лесостепи по градиенту лесорастительных условий: свежий бор (A_2), свежая суборь (B_2), влажная суборь (B_3). Выявлены статистические закономерности в строении обследованных сосновых древостоев: установлена значительная неоднородность в распределении диаметров и высот деревьев в различных лесорастительных условиях, отличающаяся от нормального распределения. На ПП № 3 (свежая суборь, Липецкая область) и № 4 (влажная суборь, Воронежская область) наблюдается распределение диаметров, соответствующее модели Вейбулла, что указывает на равномерное распределение деревьев по ступеням толщины вокруг среднего диаметра. На ПП № 1 и № 2 (свежий бор и свежая суборь, Воронежская область) распределение диаметров приближается к логнормальной модели, характеризующейся преобладанием деревьев с крупными диаметрами. Высоты деревьев на ПП № 1, № 2 и № 4 соответствуют логнормальному распределению с выраженной положительной асимметрией, то есть преобладают высокие деревья. На ПП № 3 распределение лучше отражает модель Вейбулла, указывающая на доминирование деревьев средней высоты. Полученные результаты представляют важную информацию для принятия обоснованных управленческих решений по ведению хозяйства в обследованных насаждениях.

© Литовченко Д. А., Мироненко А. В., Матвеев С. М., 2026

Abstract: The structure (diameters at a height of 1.3 m and heights) of 100-150-year-old natural pine stands in the Central Forest-Steppe was assessed across a gradient of forest conditions: moderately moist, infertile, sandy soil, moderately moist and moderately fertile soil, and moist and moderately fertile soil. Statistical patterns in the structure of the surveyed pine stands were identified: significant heterogeneity in the distribution of tree diameters and heights across different forest conditions, differing from the normal distribution, was established. At SP 3 (moderately moist and moderately fertile soil, Lipetsk Oblast) and SP 4 (moist and moderately fertile soil, Voronezh Oblast), the diameter distribution corresponded to the Weibull model, indicating a uniform distribution of trees across thickness grades around the average diameter. At SP 1 and SP 2 (moderately moist, infertile, sandy soil and moist and moderately fertile soil, Voronezh Region), the diameter distribution approximates a lognormal model, characterized by a predominance of trees with large diameters. Tree heights at SP 1, SP 2, and SP 4 correspond to a lognormal distribution with a pronounced positive asymmetry, indicating a predominance of tall trees. At SP 3, the distribution better reflects the Weibull model, indicating a predominance of trees of medium height. The obtained results provide important information for making informed management decisions in the surveyed stands.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, диаметр ствола, высота дерева, тип лесорастительных условий

Keywords: Scots pine, trunk diameter, tree height, forest growth conditions

Введение. Одним из наиболее распространенных видов древесных растений на территории России и сопредельных стран является сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris* L. На долю сосновых насаждений приходится около 18 % покрытой лесом площади. В лесном фонде Центральной лесостепи сосна обыкновенная вторая по распространённости (после дуба) лесообразующая порода – 29% площади [4].

Для оценки жизнеспособности, накопленной фитомассы старовозрастных сосновых древостоев в различных лесорастительных условиях Центральной лесостепи важны знания закономерностей структурной организации фитоценозов. Основными таксационными показателями строения древостоев являются ряды распределения числа деревьев по ступеням толщины и по высотам, которые дают возможность получить представление о строении насаждений [3]. Под структурой древостоев в лесных экосистемах понимается закономерное распределение деревьев по лесотаксационным показателям, изменяющееся как в пространстве, так и во времени, что является результатом сложного взаимодействия условий роста леса, стадии развития фитоценоза и истории влияния экзогенных факторов [5]. Строение древостоев оценивается по характеру распределения деревьев в насаждении по их таксационным признакам.

Изучение динамики структурной организации древостоев направлено на решение проблем мониторинга и моделирования развития лесных экосистем и ведения устойчивого управления лесами в конкретном регионе [1, 2, 8, 9].

Наблюдения, проводившиеся на пробных площадях (ПП), позволяют оценить многолетнюю динамику развития лесных экосистем. Полученные данные о

пространственно-временных изменениях строения древостоев лесных насаждений на ПП являются основой для разработки методов лесопользования в конкретных регионах [6], применяются для математического моделирования развития сосняков [10, 11, 13].

Цель исследования – оценка структуры 100-150-летних естественных сосновых древостоев Центральной лесостепи по градиенту лесорастительных условий.

Материалы и методы

Центральная лесостепь относится к зоне высокопродуктивных сосновых лесов. Объекты исследования расположены на территории лесного массива «Усманский бор» Воронежской и Липецкой областей в 100-150-летних древостоях сосны обыкновенной естественного происхождения. в типах лесорастительных условий (ТЛУ) A_2 (свежий бор), B_2 (свежая суборь), B_3 (влажная суборь).

Три постоянные пробные площади (ПП 1, 2, 4) расположены в Левобережном участковом лесничестве Пригородного лесничества (Воронежская область), ПП 3 – в Балашовском участковом лесничестве Грязинского лесничества Липецкой области. Размер ПП составляет 0,25 га (50 × 50 м). Основные лесоводственно-таксационные характеристики обследованных насаждений приведены в таблице 1.

Географические координаты ПП следующие: ПП № 1 (50°84′47″ с.ш., 40°54′36″ в.д.), ПП № 2 (50°84′73″ с.ш., 40°54′27″ в.д.), ПП № 3 (52°30′87″ с.ш., 39°56′42″ в.д.), ПП № 4 (51°81′47″ с.ш., 39°32′59″ в.д.).

На каждой пробной площади проведен сплошной перечет по диаметрам, высотам и категориям состояния деревьев. Диаметр измеряли на высоте груди (1,3 м) с помощью мерной вилки. Высоту дерева измеряли высотомером с точностью 0,5 м.

На каждой ПП проведен анализ структуры древостоев по распределениям двух ключевых таксационных показателей: диаметров на высоте груди и высот. Для каждой ПП протестированы четыре модели теоретических распределений: нормальное (norm), логнормальное (lnorm), гамма (gamma) и Вейбулла (weibull). Оценка качества подбора проводилась на основе визуального анализа графиков плотности, критериев согласия Колмогорова-Смирнова (K-S), Крамера-фон Мизеса (C-vM), Андерсона-Дарлинга (A-D) и информационных критериев AIC (критерий Акаике), BIC (байесовский информационный критерий). Информационные критерии позволяют сравнивать несколько статистических моделей друг с другом, чтобы определить, какая из моделей лучше соответствует эмпирическим данным. Меньшие значения критериев указывают на лучшее соответствие модели данным (выделены жирным шрифтом). Критерии согласия показывают, насколько сильно теоретическая функция распределения отклоняется от эмпирической. Расчеты производились с использованием пакета «fitdistrplus» языка программирования R [12].

Таблица 1 – Лесоводственно-таксационная характеристика исследуемых насаждений

№ ПП	Квартал / выдел	ТЛУ / тип леса*	Состав	Средний возраст древостоя, А, лет	Средние		Полнота, Р	Класс бонитета	Запас (объём древесины), М, $м^3$/га
					высота, Н, м	диаметр, D, см			
1	6 / 13	$А_2$ / $С_{тр}$	10С +Б	100	26	36	0,5	II	165
2	60 / 11	$В_2$ / $С_{срт}$	10С +Днн, Б	145	29,6	42,2	0,6	II	385
3	124 / 9	$В_2$ / $С_{срт}$	10С	120	27,5	41	0,6	II	360
4	65 / 5	$В_3$ / $С_{млн}$	10С+Днн	150	29,5	48,5	0,6	II	400

*ТЛУ – $А_2$ (свежий бор), тип леса – сосняк травяной ($С_{тр}$); ТЛУ – $В_2$ (свежая суборь), тип леса – сосняк травяной с дубом ($С_{срт}$); ТЛУ – $В_3$ (влажная суборь), тип леса – сосняк молиниевый ($С_{млн}$).

При математической обработке результатов измерений диаметров и высот деревьев определялись следующие статистические показатели: максимум значений, минимум значений, стандартное отклонение, медиана, асимметрия и эксцесс для оценки разброса данных и дальнейшего анализа структуры [2].

Результаты исследований

В рамках анализа ценотической структуры древостоев, рассчитана описательная статистика, дающая предварительное представление о характере распределений высот и диаметров на исследованных объектах (таблица 2).

Таблица 2 – Описательная статистика диаметра на высоте 1,3 м и высоты деревьев сосны на ПП

№ ПП	Показатель	Минимум	Максимум	Медиана	Стд. отклонение	Асимметрия	Эксцесс
1	Высота (м)	26,4	35,7	31,6	2,01	-0,43	2,55
	Диаметр (см)	32,0	72,0	46,0	9,55	0,46	2,49
2	Высота (м)	22,5	34,4	29,2	2,41	-0,17	2,63
	Диаметр (см)	30,0	66,0	46,0	8,47	0,17	2,08
3	Высота (м)	20,6	33,6	26,6	3,31	0,18	2,17

	Диаметр (см)	27,0	56,0	42,0	8,00	-0,03	1,97
4	Высота (м)	26,0	35,6	30,8	2,34	-0,10	2,16
	Диаметр (см)	33,0	64,0	47,5	7,53	0,12	2,19

Наибольший разброс значений высот древостоя наблюдается на ПП № 3, а наибольший разброс диаметров – на ПП № 1, что подтверждается значениями стандартного отклонения, Средние диаметры достаточно близки на 3-х ПП (ПП № 1, № 2 и № 4) и заметно ниже на ПП № 3 (Липецкая обл.).

Анализ формы распределения показал, что распределения высот и диаметров близки к симметричным, так как значения асимметрии близки к нулю. Небольшая отрицательная асимметрия для высот на ПП № 2, № 3 и № 4 указывает на легкое смещение в сторону больших значений (длинный левый хвост). Небольшая положительная асимметрия для диаметров на ПП № 1 говорит о смещении в сторону меньших значений (длинный правый хвост), Значения эксцесса для всех распределений близки к 3 (для нормального распределения он равен 3), что говорит об отсутствии островершинности или ярко выраженных выбросов. Распределения по форме близки к нормальному.

В рамках исследования осуществлён анализ качества подбора теоретических распределений. Для выбора модели наилучшим образом описывающей эмпирическое распределение рассчитаны критерии согласия и информационные критерии (таблица 3, 4).

Критерии согласия показывают насколько сильно теоретическая функция распределения отклоняется от эмпирической, Меньшие значения критериев (K-S, C-vM, A-D) указывают на лучшее соответствие модели данным.

Таблица 3 – Сводная таблица качества моделей распределения (критерии согласия)

№ ПП	Показатель	Критерий оценки	Модель распределения			
			weibull	gamma	lnorm	norm
1	Высота	K-S	0,0568	0,0568	**0,0563**	0,0565
		C-vM	**0,0371**	0,0384	0,0378	0,0394
		A-D	0,2639	0,2642	**0,2631**	0,2643
	Диаметр	K-S	0,0687	0,0685	**0,0683**	0,0705
		C-vM	0,0595	0,0599	**0,0561**	0,0617
		A-D	0,4294	0,4385	**0,4137**	0,4490
2	Высота	K-S	0,0692	0,0692	**0,0676**	0,0694
		C-vM	0,0448	0,0486	**0,0413**	0,0469
		A-D	0,3273	0,3420	**0,3039**	0,3364
	Диаметр	K-S	**0,0785**	0,0823	0,0815	0,0824
		C-vM	0,0802	0,1059	**0,0801**	0,0854
		A-D	0,6149	0,6581	**0,6036**	0,6335

3	Высота	K-S	**0,0815**	0,0899	0,0878	0,0932
		C-vM	**0,0847**	0,0953	0,1034	0,0864
		A-D	**0,6805**	0,5925	0,6234	0,5772
	Диаметр	K-S	**0,0859**	0,0971	0,1059	0,0929
		C-vM	**0,0876**	0,1365	0,1588	0,1082
		A-D	**0,6316**	0,8620	0,9791	0,7290
4	Высота	K-S	0,0620	0,0596	**0,0585**	0,0599
		C-vM	**0,0346**	0,0353	0,0354	0,0366
		A-D	0,2293	0,2258	0,2228	**0,2222**
	Диаметр	K-S	**0,0722**	0,0746	0,0762	0,0754
		C-vM	**0,0588**	0,0594	0,0646	0,0595
		A-D	**0,4467**	0,4583	0,4848	0,4555

Информационные критерии (AIC, BIC) позволили сравнивать модели, учитывая как качество подбора, так и их сложность (количество параметров).

Проведенный анализ позволил выявить некоторые закономерности распределения в структуре древостоев на 4-х ПП. При описании распределения высот деревьев наилучшие результаты в большинстве случаев (ПП № 1, № 2 и № 4) показало логнормальное распределение. Следовательно, распределение высот имеет положительную асимметрию. Наилучшей моделью для описания высот деревьев на ПП № 3 (ТЛУ свежая суборь, Липецкая обл.) является распределение Вейбулла, на данной ПП преобладают деревья средней высоты.

При описании диаметров деревьев наблюдаются два сценария: на 2-х ПП (№ 3, № 4) лучше себя проявило распределение Вейбулла, на двух других ПП (№ 1, № 2) – логнормальное распределение. Следовательно, структура древостоя по диаметру может быть более вариабельна и зависеть от локальных особенностей (возраст, история рубок, состав).

Таблица 4 – Сводная таблица информационных критериев (AIC, BIC)

№ ПП	Показатель	Критерий оценки	Модель распределения			
			weibull	gamma	lnorm	norm
1	Высота	AIC	347,60	347,58	**347,44**	347,95
		BIC	352,00	351,98	**351,84**	352,35
	Диаметр	AIC	537,63	538,61	**537,58**	538,26
		BIC	542,03	543,02	**541,98**	542,66
2	Высота	AIC	339,76	339,69	**339,61**	339,96
		BIC	344,17	344,10	**344,02**	344,37
	Диаметр	AIC	517,85	518,68	**517,77**	517,89
		BIC	522,26	523,08	**522,18**	522,29
3	Высота	AIC	358,14	352,88	**352,86**	353,64
		BIC	362,55	357,29	**357,27**	358,05
	Диаметр	AIC	**471,65**	472,38	473,51	471,80
		BIC	**476,05**	476,79	477,92	476,21

4	Высота	AIC	338,98	338,87	**338,79**	339,22
		BIC	343,39	343,28	**343,20**	343,63
	Диаметр	AIC	**483,18**	484,02	484,14	483,28
		BIC	**487,59**	488,43	488,55	487,69

Нормальное распределение, несмотря на близость значений асимметрии и эксцесса к нормальным, обычно уступает по качеству подбора трем другим моделям. Выявленная тенденция подтверждает известный в лесной таксации факт, что нормальное распределение редко является лучшей моделью для описания диаметров и высот [7].

Описание структуры распределения таксационных показателей древостоев имеет важное практическое значение для ведения лесного хозяйства:

1) точная оценка запаса – знание типа распределения позволяет перейти от простых средних величин к более точным моделям, которые точнее оценивают запас древесины, особенно в древостоях со сложной структурой;

2) планирование рубок ухода – модели распределения помогают подобрать оптимальный метод проведения рубок ухода, точнее рассчитать интенсивность и характер выборки с учетом прогнозируемой реакции древостоя на рубки ухода;

3) моделирование роста и развития древостоев – структура древостоев (тип распределения диаметров и высот) является ключевым параметром в моделях роста древостоев. Правильно подобранная модель позволяет более точно прогнозировать будущую структуру леса, его товарность и динамику развития;

4) оценка состояния лесной экосистемы – форма распределения может служить косвенным индикатором стадии сукцессии и общего состояния лесной экосистемы, что важно учитывать при планировании лесохозяйственных мероприятий.

Заключение. Проведенный анализ выявил статистические закономерности в строении сосновых древостоев Центральной лесостепи по лесорастительному градиенту, а также предоставил важную информацию для принятия обоснованных лесохозяйственных решений по ведению хозяйства в обследованных насаждениях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-16-20047 «Структура популяций и внутривидовая изменчивость дендрофенотипов сосны обыкновенной и дуба черешчатого как основа адаптационной устойчивости к изменениям климата и иным внешним воздействиям».

Список литературы

1. Березовская Ф.С. Моделирование динамики древостоев / Ф.С. Березовская, Г.П. Карев / Ф.С. Березовская // Сибирский лесной журн. – 2015. – № 3. – С. 7–19.

2. Демаков Ю.П. Структура и закономерности развития лесов Республики Марий Эл / Ю.П. Демаков // Йошкар-Ола: Поволжский гос. технолог. ун-т, 2018. – 432 с.

3. Манов А.В. Размерная, возрастная и пространственная структура древостоев постпирогенных среднетаежных сосняков на автоморфных почвах (на примере Республики Коми) / А.В. Манов, И.Н. Кутявин // Сибирский лесной журн. – 2019. – № 6. – С. 100–110.

4. Матвеев С.М. Климатический сигнал в радиальном приросте сосновых древостоев модальных типов леса Воронежской области / С.М. Матвеев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 99–108.

5. Нагимов З.Я. Ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса Ханты-Мансийского автономного округа / З.Я. Нагимов, И.Н. Артемьева, В.З. Нагимов // Известия высших учебных заведений «Лесной журнал». – 2010. – № 5. – С. 7–11.

6. Рысин Л.П. Значение постоянных пробных площадей в лесоводственных исследованиях / Л.П. Рысин, В.Ф. Павлов, А.Д. Вакуров // Лесоведение. – 1981. – № 1. – С. 60–66.

7. Суховольский В.Г. Что общего между экологией и ядерной физикой: модель случайной матрицы для распределения деревьев в насаждении по таксационным показателям / В. Г. Суховольский, О.В. Тарасова, Ю.Д. Иванова // Журнал общей биологии. – 2022. – Т. 83. – № 5. – С. 358-368.

8. CBM-CFS3: a model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards / W.A. Kurz, C.C. Dymond, T.M. White [et al.] // Ecological Modeling. – 2009. – V. 220. – pp. 480–504.

9. Muller J. Effects of forest management on bryophyte communities on deadwood / J. Muller, S. Boch, S. Blaser // Nova Hedwigia. – 2015. – V. 100. – pp. 423–438.

10. Steijlen I. Long-Term Regeneration Dynamics and Successional Trends in a Northern Swedish Coniferous Forest Stand / I. Steijlen, O. Zackrisson // Canadian Journal of Botany. – 1987. – Vol. 65. – No 5. – pp, 839–848.

11. Stinson G. An Inventory-Based Analysis of Canada's Managed Forest Carbon Dynamics, 1990 to 2008 / G. Stinson, W.A. Kurz, C.E. Smyth [et al.] // Global Change Biology. – 2011. – Vol. 17. – pp. 2227–2244.

12. Delignette-Muller M.L. Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions / M.L. Delignette-Muller, C. Dutang // J. Stat. Softw. – 2015. – 64(4). – pp. 1–34.

13. Chen Y. Stand Diameter Distribution Modeling and Prediction Based on Maximum Entropy Principle / Y. Chen, B. Wu, Z. Min // Forests – 2019. – Vol. 10. – No. 10. – 859 p.

References

1. Berezovskaya F.S. Modeling of tree stand dynamics / F.S. Berezovskaya, G.P. Karev / F.S. Berezovskaya // Siberian Forest Journal. - 2015. - No. 3. - Pp. 7-19.

2. Demakov Yu.P. Structure and patterns of forest development in the Mari El Republic / Yu.P. Demakov // Yoshkar-Ola: Volga Region State Technological University, 2018. - 432 p.

3. Manov A.V. Size, age, and spatial structure of tree stands of post-pyrogenic middle-taiga pine forests on automorphic soils (using the Komi Republic as an example) / A.V. Manov, I.N. Kutyavin // Siberian Forest Journal. – 2019. – No. 6. – P. 100–110.

4. Matveyev S. M. Climate signal in the radial growth of pine stands of modal forest types in the Voronezh region / S. M. Matveyev // Lesohoz. inform. : electronic online journal. – 2017. – No. 1. – P. 99–108.

5. Nagimov Z. Ya. Growth course of pine stands in the lichen-type forest of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug / Z. Ya. Nagimov, I. N. Artemyeva, V. Z. Nagimov // News of higher educational institutions "Forest Journal". – 2010. – No. 5. – P. 7–11.

6. Rysin L. P. The Importance of Permanent Sample Plots in Forestry Research / L.P. Rysin, V.F. Pavlov, A.D. Vakurov // Forest Science. - 1981. - No. 1. - Pp. 60-66.

7. V.G. Sukhovol'skii. What Ecology and Nuclear Physics Have in Common: A Random Matrix Model for Tree Distribution in a Stand Based on Taxation Indicators / V.G. Sukhovol'skii, O.V. Tarasova, Yu.D. Ivanova // Journal of General Biology. - 2022. - Vol. 83. - No. 5. - Pp. 358-368.

8. CBM-CFS3: a Model of Carbon Dynamics in Forestry and Land-Use Change Implementing IPCC Standards / W.A. Kurz, C.C. Dymond, T.M. White [et al.] // Ecological Modeling. – 2009. – V. 220. – pp. 480–504.

9. Muller J. Effects of forest management on bryophyte communities on deadwood / J. Muller, S. Boch, S. Blaser // Nova Hedwigia. – 2015. – V. 100. – pp. 423–438.

10. Steijlen I. Long-Term Regeneration Dynamics and Successional Trends in a Northern Swedish Coniferous Forest Stand / I. Steijlen, O. Zackrisson // Canadian Journal of Botany. – 1987. – Vol. 65. – No. 5. – pp. 839–848.

11. Stinson G. An Inventory-Based Analysis of Canada's Managed Forest Carbon Dynamics, 1990 to 2008 / G. Stinson, W.A. Kurz, C.E. Smyth [et al.] // Global Change Biology. – 2011. – Vol. 17. – pp. 2227–2244.

12. Delignette-Muller M.L. Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions / M.L. Delignette-Muller, C. Dutang // J. Stat. Softw. – 2015. – 64(4). – pp. 1–34.

13. Chen Y. Stand Diameter Distribution Modeling and Prediction Based on Maximum Entropy Principle / Y. Chen, B. Wu, Z. Min // Forests – 2019. – Vol. 10. – No. 10. – P. 859.

УДК 630*4:004.8

DOI: 10.58168/EnvPr2026_43-58

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЙ, РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛИ

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN FORESTRY: SYSTEMATIZATION OF DIRECTIONS, ANALYSIS OF IMPLEMENTED PROJECTS, AND PROSPECTS FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF THE INDUSTRY

Майер Е.И., преподаватель Лесопромышленного факультета, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова", Россия, Воронеж

Савченко С.И., аспирант Лесопромышленного факультета, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова", Россия, Воронеж

Славский В.А., профессор, д. с.-х. н., Лесной факультет, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова", Россия, Воронеж

Maier E.I., lecturer, Faculty of Forest Industry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Savchenko S.I., postgraduate student, Faculty of Forest Industry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Slavsky V.A., Professor, Dr. Sci. (Agric.), Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлен обзор ключевых направлений применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) для совершенствования системы ведения лесного хозяйства и своевременного принятия управленческих решений. С опорой на положения Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года обоснована необходимость цифровой трансформации лесной отрасли. Рассмотрены пять основных направлений использования ИИ в лесном хозяйстве: лесопожарный и лесопатологический мониторинг, мониторинг накопления и потерь углерода в лесах, мониторинг инвазивных видов и биоразнообразия древесных и кустарниковых растений, оценка эффективности проведения лесохозяйственных мероприятий, а также селекция и биотехнология лесных растений. Приведены примеры успешно реализованных в Российской Федерации и за рубежом проектов. Показано, что интеграция методов машинного обучения с существующими базами данных и материалами различного пространственного разрешения позволяет повысить точность и оперативность управления лесными экосистемами. Обоснована перспективность комплексного использования ИИ для устойчивого лесопользования и адаптации лесов к изменяющемуся климату.

Abstract: The article presents an overview of key areas of artificial intelligence (AI) application for improving the forest management system and timely managerial decision-making. Based on the provisions of the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation and the Strategy for the Development of the Forest Sector of the Russian Federation until 2030, the necessity of digital transformation of the forest industry is substantiated. Five main areas of AI use are considered: forest fire and forest pathology monitoring; monitoring of

© Майер Е. И., Савченко С. И., Славский В. А., 2026

carbon absorption and emissions in forests; monitoring of invasive species and biodiversity of woody and shrub species; assessment of the effectiveness of forestry activities; and breeding and biotechnology of forest plants. Examples of successfully implemented projects in the Russian Federation and abroad are given: the Information System for Remote Monitoring of Forest Fires of the Federal Forestry Agency (ISDM-Rosleskhoz), the work of the Laboratory of Satellite Monitoring of Terrestrial Ecosystems of the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences led by S.A. Bartalev, the iNaturalist platform projects for plant species recognition, and others. It is shown that the integration of machine learning methods with existing databases and materials of various spatial resolutions improves the accuracy and efficiency of forest ecosystem management. The prospects for the integrated use of AI for sustainable forest management and forest adaptation to a changing climate are substantiated.

Ключевые слова: искусственный интеллект, лесное хозяйство, машинное обучение, нейронные сети, дистанционное зондирование, цифровизация.

Keywords: artificial intelligence, forestry, machine learning, neural networks, remote sensing, ISDM-Rosleskhoz, forest fire monitoring, carbon monitoring, invasive species, biodiversity, forest inventory, biotechnology of forest plants, digitalization.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) по теме «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи».

Введение. Современное лесное хозяйство сталкивается с комплексом вызовов, связанных с изменением климата, антропогенным воздействием, распространением вредителей и болезней, а также с необходимостью повышения продуктивности древостоев при сохранении биологического разнообразия. Традиционные методы лесоучетных работ, лесопатологического мониторинга и оценки биологической устойчивости лесных насаждений не всегда позволяют оперативно обрабатывать постоянно возрастающие объёмы информации о состоянии экосистем. Необходимо проведение мониторинга лесов на дистанционной основе, при верификации результатов на основании натурного обследования [1], что невозможно без автоматизации процессов дешифрирования снимков, классификации типов растительности, своевременного выделения негативного воздействия на экосистему (пожары, ветровалы, рубки древесины) и прогнозирования динамики роста и развития насаждений. В этих условиях особое значение приобретают технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют автоматизировать анализ разнородных данных, выявлять скрытые закономерности и формировать обоснованные прогнозы [3,4].

Согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой Указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145, переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, системам обработки больших объёмов данных, машинному обучению и искусственному интеллекту отнесён к

приоритетам научно-технологического развития страны [5]. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утверждённая распоряжением Правительства РФ от 11 февраля 2021 г. № 312-р, прямо предусматривает внедрение цифровых технологий и информационных систем для повышения прозрачности отрасли и устойчивого лесоуправления [6]. Дополнительные стимулы создают Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» [7] и Климатическая доктрина Российской Федерации [8], определяющие задачи по совершенствованию системы лесопользования и углеродного мониторинга. Таким образом, внедрение ИИ в лесное хозяйство представляет собой важный этап развития отечественной лесной науки и практики, нормативно закреплённый на государственном уровне.

Целью настоящей работы является обзор ключевых направлений применения технологий искусственного интеллекта для совершенствования системы ведения лесного хозяйства и своевременного принятия управленческих решений.

Особое внимание уделено интеграции методов машинного обучения с существующими базами данных и материалами различного пространственного разрешения. В лесном хозяйстве можно выделить следующие основные направления использования технологий ИИ (рисунок 1):

– лесопожарный и лесопатологический мониторинг;

– мониторинг накопления и потерь углерода в лесах;

– мониторинг инвазивных видов и биоразнообразия древесных и кустарниковых растений;

– оценка эффективности проведения лесохозяйственных мероприятий в области использование, охрана, защита и воспроизводства лесов;

– селекция и биотехнология лесных растений.

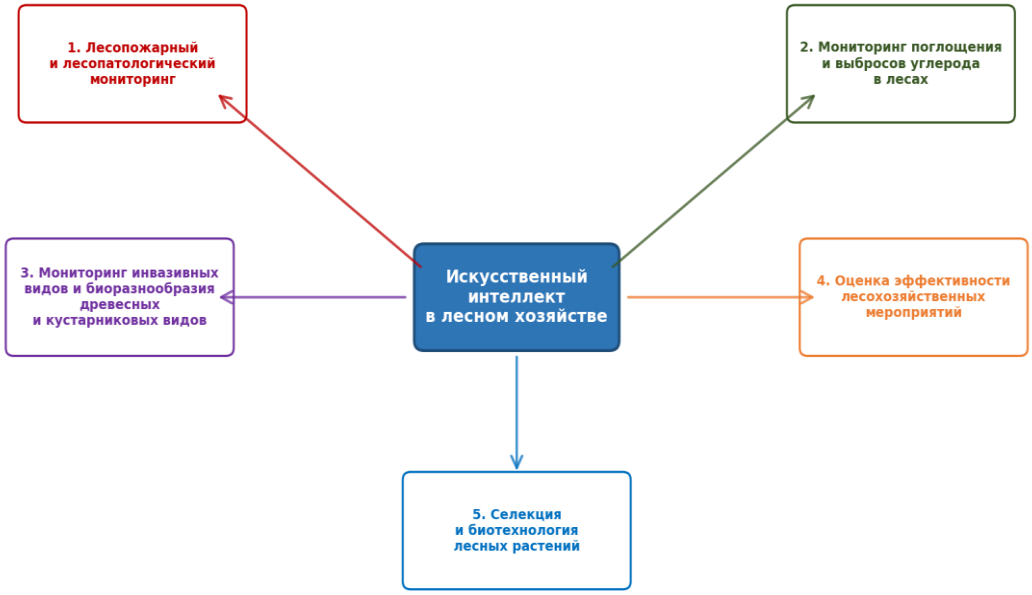


Рисунок 1 – Основные направления применения технологий искусственного интеллекта в лесном хозяйстве

Вне зависимости от области применения в лесохозяйственной практике эффективность мониторинга напрямую зависит от правильного выбора исходных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые различаются по пространственному, спектральному, радиометрическому и временному разрешению.

Современные архитектуры свёрточных нейронных сетей (YOLO, Faster R-CNN, ResNet, EfficientNet) успешно используются для распознавания дыма и пламени в режиме реального времени по данным со спутников, БПЛА и стационарных систем видеонаблюдения, обеспечивая высокую точность классификации даже в условиях сложного фона [13, 4]. Прогнозные модели на основе рекуррентных нейронных сетей (LSTM, GRU) и алгоритмов градиентного бустинга (XGBoost, CatBoost) учитывают комплекс факторов: метеорологические данные, влажность лесных горючих материалов, рельеф местности, тип растительности и историю предшествующих пожаров.

Лесопожарный и лесопатологический мониторинг.

Лесные пожары и патологические процессы остаются одной из основных угроз для лесных экосистем как в Российской Федерации, так и в мире. Раннее обнаружение очагов возгорания и выявление повреждений насаждений вредителями и болезнями являются ключевыми задачами охраны и защиты леса.

Наиболее ярким примером успешного внедрения ИИ-технологий в отечественную практику является Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) [9]. Опытная эксплуатация системы началась в 2003 г., с 2005 г. она работает в штатном режиме. Технологический

прорыв в развитии системы в 2015–2018 гг. связан с вводом в эксплуатацию новых спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и автоматизацией обработки данных. Система обеспечивает сбор данных о регистрации лесных пожаров наземными и авиационными службами, автоматическое детектирование возгораний по спутниковым данным, а также контроль достоверности сведений, поступающих от региональных диспетчерских служб.

Существенный вклад в развитие методов спутникового картографирования и мониторинга лесов России внесли исследования С.А. Барталева и коллег из ИКИ РАН [10,11]. В монографии «Спутниковое картографирование растительного покрова России» обобщены результаты разработки методов автоматизированной классификации растительного покрова на основе данных MODIS, Landsat, Sentinel-2, в том числе с применением методов машинного обучения. Эти методические разработки являются базой для современных систем дистанционного мониторинга лесов в нашей стране. На международном уровне аналогичные задачи решаются с использованием продуктов глобального картографирования изменений лесного покрова (например, проект Global Forest Change), также построенных на основе методов машинного обучения [12].

В сфере лесопатологического мониторинга алгоритмы компьютерного зрения распознают характерные признаки повреждений по снимкам с БПЛА и спутников: изменение цвета крон, степень дефолиации, наличие сухостоя, патологические изменения текстуры лесного полога. Согласно данным современных исследований, глубокое обучение демонстрирует эффективность в идентификации древесных пород по микро- и макроструктуре древесины с точностью, превышающей 99 %, что открывает перспективы для борьбы с незаконным оборотом древесины и мониторинга биоразнообразия [15].

Мониторинг накопления и потерь углерода в лесах

В контексте обязательств Российской Федерации по достижению углеродной нейтральности к 2060 году, закреплённых в Климатической доктрине Российской Федерации [8] и Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [16], особое значение приобретает точная оценка вклада лесных экосистем в углеродный баланс страны. Около 90 % поглощения углерода на территории России приходится на лесные экосистемы, что определяет ключевую роль лесов в реализации лесоклиматических проектов [3].

Технологии ИИ применяются на нескольких этапах углеродного мониторинга. Во-первых, нейросетевые модели обрабатывают спутниковые данные для оценки фитомассы и динамики лесного покрова. Во-вторых, алгоритмы машинного обучения интерполируют данные точечных измерений потоков CO_2 (методом турбулентных пульсаций) на большие

пространственные масштабы. В-третьих, гибридные модели объединяют физические процессы фотосинтеза и дыхания с обучаемыми параметрами для прогноза углеродного баланса насаждений [3, 17].

Показательным примером применения ИИ для решения углеродных задач являются исследования, выполненные в Лаборатории спутникового мониторинга наземных экосистем ИКИ РАН, по оценке динамики зарастания болот России лесной растительностью 11, 14]. В рамках этой работы было показано, что площадь покрытых лесом болот в России выросла на 8,24 млн га, что существенно для уточнения общенациональных оценок поглощения углерода. При определении количества наземной фитомассы в лесных насаждениях с использованием БПЛА и комплекса полезной нагрузки в составе RGB, лидарных и гиперспектральных камер, достигается повышенная детализация в оценках накопления углерода в лесах [2]. Такие исследования становятся возможными благодаря применению методов широкомасштабного автоматизированного биомониторинга с использованием технологий высокопроизводительных вычислений и больших данных.

Мониторинг инвазивных видов и биоразнообразия древесных и кустарниковых видов

Инвазивные виды растений признаны Межправительственной научно-политической платформой по биоразнообразию и экосистемным услугам (IPBES) одной из пяти основных угроз глобальному биологическому разнообразию [18]. В лесном хозяйстве своевременное выявление и картографирование очагов распространения инвазивных древесных и кустарниковых видов (клён ясенелистный, робиния, борщевик Сосновского и др.) имеет принципиальное значение для сохранения местных лесных экосистем.

Современные нейросетевые алгоритмы способны идентифицировать виды растений по фотографиям с высокой точностью. По данным проекта iNaturalist, в реализации которого участвует биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, нейронные сети распознают свыше 90 % растений флоры России [3, 18].

За рубежом представлены успешные примеры внедрения ИИ для мониторинга инвазивных видов: совместный проект компании Keen AI, Британского центра экологии и гидрологии (CEH) и Time-Lapse Systems по идентификации инвазивных видов растений на больших территориях Великобритании, а также автоматизированная идентификация древесных пород Вьетнама на основе свёрточных нейронных сетей (ResNet50, EfficientNet, MobileViT, ShuffleNetV2), достигшая точности 99,29 % [15]. Эти технологии могут быть адаптированы и для условий российских лесных экосистем при условии формирования соответствующих обучающих выборок.

Оценка эффективности лесохозяйственных мероприятий

Оценка эффективности лесохозяйственных мероприятий охватывает широкий круг задач: контроль использования лесов, мониторинг лесовосстановления, выполнение плановых объемов превентивных работ в области охраны лесов, оценка результатов рубок ухода и санитарных рубок. ИИ-технологии применяются на всех этапах этих работ.

В части лесоучётных работ показательным примером является работа И.В. Петухова и соавторов [19], в которой представлен метод сегментации перекрывающихся изображений деревьев на цифровых снимках лесных массивов с применением свёрточных нейронных сетей. Результаты исследования показывают возможность апробации методов машинного обучения в ходе государственной инвентаризации лесов при условии достижения высокой точности сегментации [25]. Использование архитектур семантической сегментации (U-Net, DeepLab) обеспечивает автоматизированное выделение контуров лесных выделов и отдельных деревьев на спутниковых и аэрофотоснимках, что значительно ускоряет работу по актуализации лесоустроительных баз данных в рамках реализации Государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» [7].

Для контроля использования лесов применяются спутниковые системы [26] и БПЛА с алгоритмами компьютерного зрения, позволяющие выявлять незаконные рубки и нарушения лесного законодательства. Технологии воздушного и наземного LiDAR в сочетании с алгоритмами машинного обучения позволяют строить трёхмерные модели древостоев, определять объём отдельных деревьев и общий запас насаждения с высокой точностью [19, 20].

Контроль лесовосстановления реализуется через дистанционную оценку приживаемости лесных культур и динамики возобновления на лесосеках. Спутниковые данные среднего и высокого разрешения (Sentinel-2, отечественные системы «Канопус-В», «Ресурс-П») в сочетании с алгоритмами машинного обучения позволяют решать задачи классификации лесных насаждений и оценки запасов фитомассы [11, 12, 20].

Селекция и биотехнология лесных растений

Селекция и биотехнология лесных растений представляют собой одно из перспективных направлений применения ИИ, в котором необходимо обрабатывать большие массивы биометрических, фенотипических и генетических данных, накапливаемых в течение длительных периодов наблюдений.

К наиболее перспективным направлениям относятся: автоматизированный анализ фенотипических признаков (форма и размер листьев, плодов, габитус кроны) на основе компьютерного зрения; обработка геномных данных с использованием алгоритмов машинного обучения для геномной селекции (Genomic Selection); построение

прогностических моделей роста и развития интродуцентов в зависимости от климатических условий; интеграция данных дендрохронологии и метеомониторинга для оценки реакции деревьев на изменения среды [21, 22, 23, 17]. Основоположниками отечественных исследований в области применения геномных подходов в лесном хозяйстве являются работы К.В. Крутовского, обосновавшего перспективность геномной селекции основных лесообразующих пород [21].

Особенно перспективным представляется создание специализированных нейросетевых моделей для оценки морфометрических параметров вегетативных и генеративных органов древесных растений в дендрологических коллекциях и на лесосеменных объектах. Это позволит существенно сократить трудозатраты на проведение массовых селекционных оценок и повысить объективность отбора плюсовых деревьев. Важно учитывать, что внедрение современных селекционных методов должно сочетаться с сохранением генетического разнообразия древесных пород, что было показано в работах российских исследователей по лесной селекции [22]. В области биотехнологии лесных растений ИИ применяется для оптимизации условий клонального микроразмножения, прогнозирования укореняемости черенков и ризогенеза, а также для анализа изображений тканевых культур на разных стадиях развития [22, 23].

Перечень применяемых методов искусственного интеллекта и решаемых лесохозяйственных задач на его основе, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Применяемые методы искусственного интеллекта для решения практических задач в лесном хозяйстве

Направление	**Решаемые задачи**	**Применяемые методы ИИ**
Лесопожарный и лесопатологический мониторинг	Раннее обнаружение возгораний, прогнозирование пожарной опасности, выявление очагов вредителей и болезней, оценка степени дефолиации	Свёрточные нейронные сети (YOLO, ResNet, EfficientNet), LSTM/GRU, градиентный бустинг (XGBoost, CatBoost)
Мониторинг углерода в лесах	Оценка фитомассы и запасов углерода, моделирование потоков CO_2, картографирование зарастания нелесных земель	Свёрточные сети, регрессионные модели машинного обучения (Random Forest, Gradient Boosting), гибридные физико-статистические модели
Мониторинг инвазивных видов и биоразнообразия	Идентификация древесных и кустарниковых видов, картографирование очагов распространения инвазивных видов, инвентаризация флоры	Глубокие свёрточные сети (ResNet, MobileViT, ShuffleNetV2), классификаторы изображений, краудсорсинг с ИИ-валидацией (iNaturalist)
Оценка эффективности лесохозяйственных мероприятий	Лесоучётные работы, сегментация древостоев на снимках, выявление незаконных рубок, контроль лесовосстановления	Семантическая сегментация (U-Net, DeepLab), обработка LiDAR-данных, методы глубокого обучения для анализа аэрофотоснимков

Направление	Решаемые задачи	Применяемые методы ИИ
Селекция и биотехнология лесных растений	Автоматизированный фенотипический анализ, геномная селекция, прогнозирование роста интродуцентов	Свёрточные нейронные сети для анализа изображений, алгоритмы геномного предсказания (BLUP, рекуррентные нейронные сети)

Таблица 2 – Примеры успешно реализованных проектов по применению ИИ в лесном хозяйстве

Проект / система	Организация-разработчик	Решаемые задачи	Результат
ИСДМ-Рослесхоз (с 2003 г., модернизация 2015–2018 гг.)	ИКИ РАН, ЦЭПЛ РАН, ФБУ «Авиалесоохрана»	Дистанционный мониторинг лесных пожаров, автоматическое детектирование возгораний по спутниковым данным	Федеральная государственная информационная система, охватывающая всю территорию РФ
Картографирование растительного покрова России (TerraNorte)	Лаборатория спутникового мониторинга наземных экосистем ИКИ РАН	Создание карт растительного покрова РФ, оценка зарастания болот, мониторинг лесной растительности	Карты растительного покрова РФ; оценка прироста покрытых лесом болот 430 тыс. га/год
iNaturalist (российский сегмент)	МГУ имени М.В. Ломоносова и зарубежные партнёры	Распознавание видов растений по фотографиям; мониторинг биоразнообразия	Свыше 90 % точности распознавания флоры России; около 1,5 млн наблюдений в РФ
Сегментация деревьев на цифровых снимках	Поволжский гос. технологический университет	Сегментация перекрывающихся изображений деревьев в задачах лесной инвентаризации	Метод, перспективный для использования в государственной инвентаризации лесов
Identification of Vietnamese Timber Species	Международная исследовательская группа	Идентификация древесных пород по изображениям древесины	Точность классификации 99,29 % (архитектура ShuffleNetV2)

Анализ публикаций и реализованных проектов 2020–2025 гг. показывает неравномерное распределение исследований по направлениям применения ИИ в лесном хозяйстве (рис. 2). Наибольшее число работ посвящено лесопожарному и лесопатологическому мониторингу, что объясняется социально-экономической значимостью проблемы лесных пожаров. Существенная доля приходится на оценку эффективности лесохозяйственных мероприятий и автоматизацию лесоучётных работ.

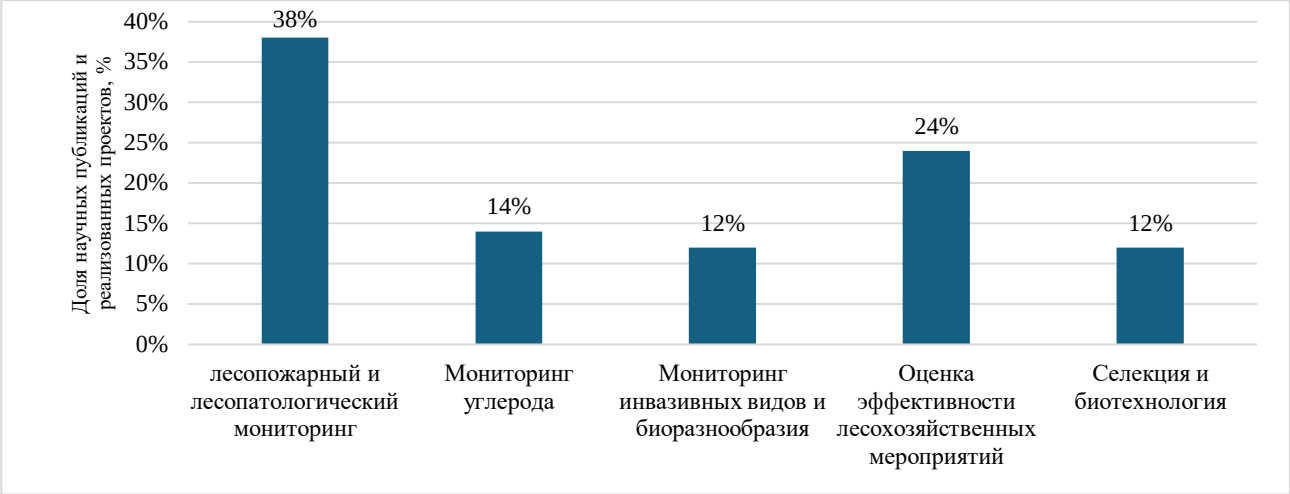


Рисунок 2 — Распределение публикаций и проектов по применению ИИ в лесном хозяйстве по основным направлениям (по данным обзора литературы 2020–2025 гг.)

Проблемы и ограничения внедрения ИИ-технологий

Несмотря на значительный потенциал, внедрение ИИ в лесное хозяйство связано с рядом существенных проблем. Во-первых, ощущается недостаток размеченных обучающих выборок, особенно для региональных условий и редких видов древесных растений. Во-вторых, существует необходимость адаптации алгоритмов, разработанных преимущественно для зарубежных лесных экосистем, к российским природно-климатическим условиям. В-третьих, работа с гиперспектральными данными и трёхмерными моделями предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам. В-четвёртых, наблюдается дефицит специалистов, обладающих компетенциями одновременно в области лесных и информационных технологий [18, 21]. Наконец, существуют этические и правовые вопросы использования автоматизированных систем принятия решений в природопользовании [24].

Заключение. Проведённый обзор позволил систематизировать применение технологий искусственного интеллекта в лесном хозяйстве и выделить пять основных направлений их использования: лесопожарный и лесопатологический мониторинг; оценка накопления и потерь углерода в лесах; мониторинг инвазивных видов и биоразнообразия древесных и кустарниковых растений; оценка эффективности лесохозяйственных мероприятий; селекция и биотехнология лесных растений.

Анализ публикаций и реализованных проектов 2020–2025 гг. выявил существенно неравномерное распределение исследований по выделенным направлениям. Наибольшее число работ и наиболее зрелые программно-аппаратные решения сосредоточены в сфере лесопожарного мониторинга, что подтверждается многолетним устойчивым функционированием ИСДМ-Рослесхоз и активным внедрением свёрточных нейронных сетей семейств YOLO, ResNet и EfficientNet для распознавания возгораний. Существенный задел

сформирован также в задачах сегментации древостоев и оценки фитомассы лесов, во многом благодаря методическим разработкам ИКИ РАН и накопленному опыту работы со спутниковыми данными MODIS, Landsat и Sentinel-2.

Вместе с тем установлено, что ряд направлений остаётся недостаточно проработанным. К числу таких задач относятся: распознавание инвазивных видов в условиях лесов Российской Федерации; геномная селекция основных лесообразующих пород; интеграция данных дендрохронологии и метеомониторинга для прогнозирования реакции древесных пород на климатические изменения. Дефицит исследований по этим направлениям обусловлен в первую очередь нехваткой репрезентативных обучающих выборок и ограниченным числом междисциплинарных исследовательских коллективов.

Сопоставление отечественных и зарубежных разработок показало, что прямое заимствование алгоритмов, обученных на данных тропических, скандинавских или североамериканских лесных экосистем, приводит к снижению точности классификации при работе с лесами центральной части Российской Федерации. Это подтверждает необходимость формирования национальных обучающих наборов данных, учитывающих региональную специфику породного состава, типов леса и сезонной динамики.

К числу не до конца решённых задач, требующих первоочередного внимания, относятся: недостаток размеченных данных по региональным условиям и редким видам древесных растений; ограниченность вычислительной инфраструктуры для работы с гиперспектральными и лидарными данными в производственном режиме; дефицит специалистов, одновременно обладающих компетенциями в области лесного хозяйства и информационных технологий; отсутствие проработанной нормативно-правовой базы, регулирующей использование автоматизированных систем принятия решений в природопользовании.

Полученные результаты позволяют заключить, что дальнейшее развитие исследований целесообразно сосредоточить на формировании национальных банков размеченных данных, адаптации алгоритмов глубокого обучения к условиям лесов Российской Федерации, создании гибридных моделей, объединяющих физические закономерности роста и развития насаждений с обучаемыми параметрами, а также на подготовке кадров с двойной компетенцией — в лесных и информационных технологиях. Реализация перечисленных задач обеспечит переход от отдельных пилотных проектов к системному внедрению ИИ в практику устойчивого лесопользования и адаптации лесов к изменяющемуся климату.

Список литературы

1. Славский, В. А. Некоторые аспекты закладки пробных площадей при проведении государственной инвентаризации лесов / В. А. Славский, С. М. Матвеев // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 1(41). – С. 56-63. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5.

2. Slavskiy, V. A. Assessment of Phytomass and Carbon Stock in the Ecosystems of the Central Forest Steppe of the East European Plain: Integrated Approach of Terrestrial Environmental Monitoring and Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles / V. A. Slavskiy, S. M. Matveev, S. S. Sheshnitsan, D.A. Litovchenko, M.V. Larionov, A.V. Shokurov, P.V. Litovchenko, N.D. Durmanov // Life. – 2024. – Vol. 14, No. 5. – P. 632. – DOI 10.3390/life14050632.

3. Кузнецова Н.Ф. Изменение климата и его влияние на жизненное состояние лесостепных популяций сосны обыкновенной Русской равнины / Н.Ф. Кузнецова // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 2. – С. 27–42.

4. Вегера Д. В., Забавин А. С. Современные методы глубокого обучения для обнаружения и прогнозирования лесных пожаров на основе данных с беспилотных летательных аппаратов //Инженерный вестник Дона. – 2026. – №. 1 (131). – С. 20.

5. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145. – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

6. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. № 312-р. – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

7. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства»: Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 318 (с изм. и доп.).

8. Климатическая доктрина Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 г. № 812. – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

9. Котельников Р.В. Космический мониторинг лесных пожаров: история создания и развития ИСДМ-Рослесхоз / Р.В. Котельников, Е.А. Лупян, С.А. Барталев, Д.В. Ершов // Лесоведение. – 2019. – № 5. – С. 412–423.

10. Барталев С.А. Основные задачи и перспективы создания системы глобального спутникового мониторинга лесов / С.А. Барталев, Д.В. Ершов, А.С. Исаев, Е.А. Лупян // Лесоведение. – 2011. – № 6. – С. 3–15.

11. Барталев С.А. Спутниковое картографирование растительного покрова России / С.А. Барталев, В.А. Егоров, В.О. Жарко, Е.А. Лупян, Д.Е. Плотников, С.А. Хвостиков, Н.В. Шабанов. – М.: ИКИ РАН, 2016. – 208 с.

12. Hansen M.C. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M.C. Hansen, P.V. Potapov, R. Moore et al. // Science. – 2013. – Vol. 342, № 6160. – P. 850–853.

13. Зорин В. А., Мещеряков Р. В. Аналитический обзор нейросетевых алгоритмов обнаружения возгораний при чрезвычайных ситуациях //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2025. – Т. 17. – №. 2. – С. 23-34.

14. Князева С. В. и др. Основные итоги IX Всероссийской (с международным участием) научной конференции «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии» //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2025. – Т. 22. – №. 6. – С. 383-386.

15. Nguyen T.H. Deep Learning for Automated Identification of Vietnamese Timber Species: A Tool for Ecological Monitoring and Conservation / T.H. Nguyen et al. // arXiv preprint arXiv:2508.10938. – 2025.

16. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р. – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

17. Александрова Н. Р., Субаева А. К., Чутчева Ю. В. Цифровизация сельского хозяйства: тенденции и перспективы развития //Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – №. 2 (52). – С. 25-30.

18. Brondízio E. S. et al. Global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. – IPBES, 2019.

19. Петухов И. В. и др. Сегментация перекрывающихся изображений деревьев на цифровых снимках лесных массивов //Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2024. – №. 1. – С. 126-140.

20. Михайлов И. Р., Абрамов Н. А., Долматов С. Н. Методы дистанционного зондирования земли в лесной промышленности //Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – Т. 3. – №. 3. – С. 0301-0310.

21. Крутовский К. В. Перспективы использования геномных исследований в лесном хозяйстве //Сибирский лесной журнал. – 2014. – №. 4. – С. 11-15.

22. Федорков А. Л. Лесная селекция и генетическое разнообразие древесных пород //Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2024. – №. 1. – С. 23-32.

23. Свецкий А. В. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве //Сельское хозяйство. – 2022. – №. 3. – С. 1-12.

24. Elbehri A., Chestnov R. Digital agriculture in action: ArtificiaI intelligence for agriculture. – Food & Agriculture Org., 2021.

25. Вечеров В. В., Бердов А. М. Возможности применения методов машинного обучения для пространственного моделирования основных таксационных характеристик лесов с использованием данных космической съёмки //Лесохозяйственная информация. – 2026. – №. 1. – С. 58-71.

26. Умарова Ш., Садуллаев С. Возможности мониторинга городских лесов по спутниковым данным //Scientific progress. – 2021. – Т. 2. – №. 2. – С. 859-865.

References

1. Slavskiy, V. A. Some aspects of laying sample plots during the state forest inventory / V. A. Slavskiy, S. M. Matveev // Forest Engineering Journal. - 2021. - Vol. 11, No. 1 (41). - Pp. 56-63. - DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5.

2. Slavskiy, V. A. Assessment of Phytomass and Carbon Stock in the Ecosystems of the Central Forest Steppe of the East European Plain: Integrated Approach of Terrestrial Environmental Monitoring and Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles / V. A. Slavskiy, S. M. Matveev, S. S. Sheshnitsan, D. A. Litovchenko, M. V. Larionov, A. V. Shokurov, P. V. Litovchenko, N.D. Durmanov // Life. – 2024. – Vol. 14, No. 5. – P. 632. – DOI 10.3390/life14050632.

3. Kuznetsova N.F. Climate change and its impact on the vital state of forest-steppe populations of Scots pine of the Russian Plain / N.F. Kuznetsova // Forestry information. – 2023. – No. 2. – P. 27–42.

4. Vegera D.V., Zabavin A.S. Modern methods of deep learning for detecting and predicting forest fires based on data from unmanned aerial vehicles // Engineering Bulletin of the Don. – 2026. – No. 1 (131). – P. 20.

5. On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of February 28, 2024, No. 145. – Accessed from the ConsultantPlus SPS.

6. On Approval of the Strategy for the Development of the Forestry Complex of the Russian Federation through 2030: Order of the Government of the Russian Federation of February 11, 2021, No. 312-r. – Accessed from the ConsultantPlus SPS.

7. State Program of the Russian Federation "Forestry Development": Resolution of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014, No. 318 (as amended and supplemented).

8. Climate Doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of October 26, 2023, No. 812. – Accessed from the ConsultantPlus SPS.

9. Kotelnikov R.V. Space monitoring of forest fires: the history of the creation and development of ISDM-Rosleskhoz / R.V. Kotelnikov, E.A. Lupyan, S.A. Bartalev, D.V. Ershov // Forest Science. - 2019. - No. 5. - P. 412-423.

10. Bartalev S.A. Main tasks and prospects for creating a global satellite monitoring system for forests / S.A. Bartalev, D.V. Ershov, A.S. Isaev, E.A. Lupyan // Forest Science. - 2011. - No. 6. - P. 3-15.

11. Bartalev S.A. Satellite mapping of vegetation cover of Russia / S.A. Bartalev, V.A. Egorov, V.O. Zharko, E.A. Lupyan, D.E. Plotnikov, S.A. Khvostikov, N.V. Shabanov. – Moscow: IKI RAS, 2016. – 208 p.

12. Hansen M.C. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M.C. Hansen, P.V. Potapov, R. Moore et al. // Science. – 2013. – Vol. 342, No. 6160. – P. 850–853.

13. Zorin V.A., Meshcheryakov R.V. Analytical review of neural network algorithms for fire detection in emergency situations // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematics. Mechanics. Physics. – 2025. – Vol. 17. – No. 2. – P. 23–34.

14. Knyazeva S. V. et al. Main results of the IX All-Russian (with international participation) scientific conference "Aerospace methods and geoinformation technologies in forest science, forestry and ecology" // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. - 2025. - Vol. 22. - No. 6. - P. 383-386.

15. Nguyen T. H. Deep Learning for Automated Identification of Vietnamese Timber Species: A Tool for Ecological Monitoring and Conservation / T. H. Nguyen et al. // arXiv preprint arXiv:2508.10938. – 2025.

16. On approval of the Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050: Order of the Government of the Russian Federation of October 29, 2021 No. 3052-r. – Accessed from the ConsultantPlus SPS.

17. Aleksandrova N. R., Subaeva A. K., Chutcheva Yu. V. Digitalization of agriculture: trends and development prospects // Natural Sciences and Humanities Research. – 2024. – No. 2 (52). – P. 25-30.

18. Brondízio E. S. et al. Global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. – IPBES, 2019.

19. Petukhov I. V. et al. Segmentation of overlapping tree images in digital images of forest areas // News of higher educational institutions. Forestry journal. – 2024. – No. 1. – Pp. 126-140.

20. Mikhailov I. R., Abramov N. A., Dolmatov S. N. Methods of remote sensing of the earth in the forestry industry // Modern innovations, systems and technologies. – 2023. – Vol. 3. – No. 3. – Pp. 0301-0310.

21. Krutovsky K. V. Prospects for the use of genomic research in forestry // Siberian forestry journal. – 2014. – No. 4. – Pp. 11-15.

22. Fedorkov A. L. Forest selection and genetic diversity of tree species // News of higher educational institutions. Forestry magazine. - 2024. - No. 1. - P. 23-32.

23. Svetsky A. V. Application of artificial intelligence in agriculture // Agriculture. - 2022. - No. 3. - P. 1-12.

24. Elbehri A., Chestnov R. Digital agriculture in action: Artificial intelligence for agriculture. - Food & Agriculture Org., 2021.

25. Vecherov V. V., Berdov A. M. Possibilities of applying machine learning methods for spatial modeling of the main forest taxation characteristics using satellite imagery data // Forestry information. - 2026. - No. 1. - P. 58-71.

26. Umarova Sh., Sadullaev S. Possibilities of monitoring urban forests using satellite data // Scientific progress. - 2021. - Vol. 2. - No. 2. - P. 859-865.

УДК 630*43

DOI: 10.58168/EnvPr2026_59-68

АНАЛИЗ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ НА ПРИМЕРЕ СОМОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

ANALYSIS OF FOREST FIRE CONTROL METHODS USING THE SOMOV FORESTRY IN THE VORONEZH REGION AS AN EXAMPLE

Прохорова Н.Л, старший преподаватель кафедры ЭЗЛиЛО ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», Россия Воронеж

Привалов Д.А., студент лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

Prokhorova N L, senior Lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia Federation, Voronezh

Privalov D.A., student of the forestry department of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh.

Аннотация: Предотвращение и ликвидация лесных пожаров являются приоритетной государственной задачей в сфере обеспечения экологической безопасности. Нормативно-правовая база, регламентирующая данные процессы, закреплена в главе 5 Лесного кодекса РФ «Охрана и защита лесов». Эффективное решение этой проблемы невозможно без оснащения лесопожарных формирований передовыми технологиями мониторинга и тушения возгораний, базирующимися на современных научных разработках и технических инновациях. Целью настоящей работы стал анализ существующих методов борьбы с лесными пожарами на территории Сомовского лесничества и разработка практических рекомендаций по повышению их результативности. Установлено, что ведущим фактором возникновения пожаров выступает антропогенная деятельность, на долю которой приходится свыше 80% случаев возгораний. В связи с этим особую значимость приобретает формирование экологической культуры и бережного отношения к лесным ресурсам у населения, начиная с раннего возраста. Также обоснована необходимость активизации информационно-разъяснительной работы по профилактике пожаров с максимальным использованием потенциала средств массовой информации.

Abstract: The elimination of forest fires is a priority task for the state at the current stage. The rules and regulations of environmental protection are set out in the Forest Code of the Russian Federation (Chapter 5, “Protection and Conservation of Forests”). The successful implementation of this task is impossible without equipping forest fire departments with advanced and effective technologies for detecting and extinguishing fires, based on modern scientific developments and technological advancements. The purpose of this study was to analyze the methods used to combat forest fires in Somovskoye Forestry and to develop recommendations to improve their effectiveness. The main cause of forest fires is anthropogenic activity, which accounts for more than 80% of all fires. Therefore, it is important to educate citizens about the importance of preserving forest resources from an early age. It is also necessary to increase awareness about preventing forest fires.

© Прохорова Н. Л., Привалов Д. А., 2026

Ключевые слова: лесные пожары, лесообразующие породы, осадки, противопожарные мероприятия, лесной кодекс, климат.

Keywords: forest fires, forest-forming species, precipitation, fire prevention measures, forest code, climate

Лесные пожары представляют собой масштабную угрозу для лесного фонда России как с экологической, так и с ресурсной точки зрения. Реформирование отрасли и обновление законодательной базы лишь актуализируют необходимость совершенствования стратегий и тактик противопожарной защиты. Ключевым фактором, снижающим эффективность охраны лесов, остается недостаточная материально-техническая оснащенность и уровень подготовки сил, задействованных в обнаружении и ликвидации возгораний. В текущих условиях отмечается сокращение объемов авиапатрулирования лесов даже в периоды высокой пожарной опасности, что приводит к позднему обнаружению очагов и, как следствие, требует привлечения значительных сил и материальных ресурсов для их локализации.

Острой проблемой остается оптимизация финансирования: вопросы своевременного выделения средств из бюджетов различных уровней на подготовительные мероприятия, формирование резервов и непосредственное тушение пожаров требуют системного решения. При этом частота и масштабы возгораний детерминированы природно-климатическими особенностями лесного фонда. Предотвращение пожаров является приоритетной государственной задачей, нормативная база которой закреплена в главе 5 Лесного кодекса РФ («Охрана и защита лесов»). Эффективная защита лесных массивов невозможна без внедрения современных технологических решений [4], базирующихся на данных научно-исследовательского прогнозирования. Критически важны превентивный анализ потенциальных очагов возгорания и заблаговременная подготовка, что позволяет минимизировать негативные последствия [10].

Доминирующим фактором возникновения лесных пожаров выступает антропогенная деятельность, на долю которой приходится свыше 80% случаев возгораний. Это обуславливает критическую важность формирования экологической культуры и бережного отношения к лесным ресурсам у населения с ранних лет, а также необходимость активизации информационно-разъяснительной работы через средства массовой информации.

Целью настоящей работы является анализ применяемых методов борьбы с лесными пожарами в Сомовском лесничестве и разработка рекомендаций по повышению их эффективности. Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской деятельности студентов ввиду высокой актуальности проблемы, особенно в регионах с интенсивной лесохозяйственной и сельскохозяйственной активностью. Объектом исследования выступают лесные территории Сомовского лесничества Воронежской области. Для достижения цели

были поставлены задачи: выявить причины возникновения пожаров, оценить влияние климатических условий района, а также определить категории и характер возгораний.

Проведенные исследования направлены на выявление причин ухудшения пожарной обстановки, анализ эффективности применяемых методов тушения и выявление возможных нарушений в организации противопожарных мероприятий. В работе представлены результаты анализа лесных пожаров за период 2021–2024 гг., включая их количество, пройденную площадь и причины возникновения.

Сомовское лесничество общей площадью 9289 га расположено в северо-западной части Воронежской области (Новоусманский район и г. Воронеж). Являясь частью Усманского бора, оно находится на водоразделе рек Воронеж и Усманка, преимущественно за пределами городской черты. Лесные земли занимают 91,2% территории.

Климат региона умеренно-континентальный, формирующийся под воздействием воздушных масс из центральной Евразии, Атлантики, Арктики и тропиков. Преобладание умеренных воздушных масс и западный перенос обусловливают морозную зиму и теплое лето. Четко выражены четыре сезона года [5]. В последние десятилетия отмечается климатическая нестабильность: раннее и обильное снеготаяние в марте, теплая и солнечная осень.

Рельеф Воронежской области преимущественно равнинный. Высшая точка (259 м) расположена на северо-западе, низшая (57 м) – на юге, в долине Дона. Выделяются три крупные формы рельефа: Окско-Донская низменность, Среднерусская и Калачская возвышенности [2]. Гидрологические ресурсы оцениваются в 4 км³, при этом значительный объем питания рек обеспечивают подземные воды (горизонты 40–80 м). Распределение осадков по территории неравномерно, значительная их часть подвергается испарению.

Древостой лесничества представлен следующими породами: дуб высокоствольный (39%), сосна искусственного происхождения (25%), дуб низкоствольный (11%), сосна естественного одновозрастного происхождения (8%), осина (6%), сосна разновозрастная (5%), дуб пойменный (3%), береза (3%). Фауна включает лосей, оленей, кабанов, косуль, волков, лисиц, зайцев, а также мышевидных грызунов (полевки, суслики).

Методика исследования базируется на сборе и комплексном анализе статистической отчетности о лесных пожарах в Сомовском лесничестве за период 2021–2025 гг.

Лесной пожар определяется как стихийное, неконтролируемое распространение огня в лесу, разновидность ландшафтного пожара, наносящая материальный ущерб и представляющая угрозу жизни, здоровью граждан, а также интересам общества и государства [6]. В зависимости от сферы распространения огня выделяют три основных вида лесных пожаров: 1) низовые, 2) верховые, 3) почвенные (торфяные) [1]. Наиболее

распространенным на территории исследования является низовой пожар. Приведенная классификация необходима для понимания природы и специфики каждого типа возгорания, что позволяет адекватно оценить степень угрозы и выбрать оптимальную тактику тушения.

Согласно существующим классификациям [8, 9], комплекс мер по борьбе с лесными пожарами включает:

Профилактические мероприятия: создание противопожарных разрывов и минерализованных полос, проведение контролируемых профилактических выжигов, экологическое просвещение населения, регулярный мониторинг и патрулирование.

Системы раннего обнаружения: спутниковый мониторинг, наземное патрулирование, применение аэрофотосъемки.

Непосредственное тушение: наземные и авиационные методы, устройство заградительных минерализованных полос, метод отжига (управляемого выжигания).

Внедрение инновационных технологий: использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), автоматизированных систем пожаротушения и интеллектуальных систем управления силами и средствами.

Таблица 1 – Оценка эффективности мониторинговых исследований

Название	Описание	Оценка эффективности
Спутниковый мониторинг	Использование спутниковых снимков для выявления задымлений и очагов пожаров	Высокая, особенно в труднодоступных местах
Наземное патрулирование	Регулярные обходы лесных массивов сотрудниками лесной охраны	Высокая, но требует ресурсных затрат
Использование аэрофотосъёмки	Вертолёты и беспилотники с камерами	Высокая, особенно для своевременного обнаружения

Анализ данных таблицы 1 демонстрирует высокую эффективность всех мероприятий по обнаружению и контролю лесных пожаров. Спутниковый мониторинг позволяет выявлять задымления в труднодоступных местах, а аэрофотосъёмка способствует своевременному обнаружению возгораний.

Несмотря на высокую оценку эффективности наземного патрулирования, оно является ресурсоёмким мероприятием. Оценка эффективности способов пожаротушения приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка эффективности способов пожаротушения приведена

Название	Описание	Оценка эффективности
Тушение с земли	Использование пожарных команд, бульдозеров, ручных инструментов	Высокая, при быстром реагировании
Тушение с воздуха	Вертолёты и самолёты со сбросом воды, пено- и газотушащих веществ	Высокая, особенно в труднодоступных местах

Создание минерализованных полос	Прорезание огнезащитных полос для ограничения распространения огня	Высокая, используется как часть локализации пожара
Отжиг (контролируемое выжигание)	Преднамеренное выжигание растительности для создания барьера	Эффективно, при правильных условиях

Анализ данных, представленных в таблице 2, свидетельствует о высокой результативности применяемого комплекса мер по тушению лесных пожаров. Наземные методы обеспечивают оперативную локализацию очагов возгорания в зоне прямого доступа, тогда как применение авиационных средств позволяет ликвидировать пожары на труднодоступных участках лесного фонда. Особое значение имеет устройство заградительных минерализованных полос, выполняющих барьерную функцию: они ограничивают площадь распространения пламени и исключают вероятность переброса огня на смежные территории.

Последний способ – использование современных технологий, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Использование современных технологий

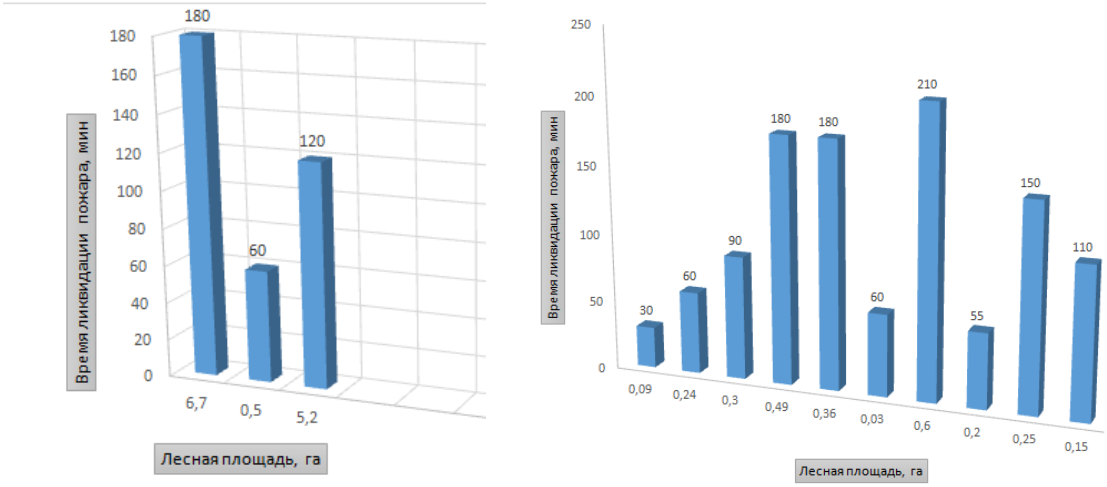
Название	Описание	Оценка эффективности
Беспилотные летательные аппараты	Мониторинг, обнаружение очагов пожара, доставка средств	Перспективные, повышают оперативность
Автоматические системы пожаротушения	Установка автоматических систем (спринклеры, пенообразователи)	Высокая, особенно для важных объектов
Интеллектуальные системы управления	Обработка данных с датчиков, автоматическое оповещение	Высокая, позволяет быстро реагировать

Данные таблицы 3 демонстрируют высокую эффективность использования современных технологий в борьбе с лесными пожарами. Особо перспективным является использование беспилотных летательных аппаратов, которые не только повышают оперативность, но и выполняют широкий набор задач, включая мониторинг и обнаружение очагов возгорания. Автоматические системы пожаротушения эффективно используются на объектах, где требуется повышенная пожарная безопасность. Интеллектуальные системы управления, благодаря автоматизированной обработке данных, обеспечивают быстрое реагирование, что особенно важно в современных условиях.

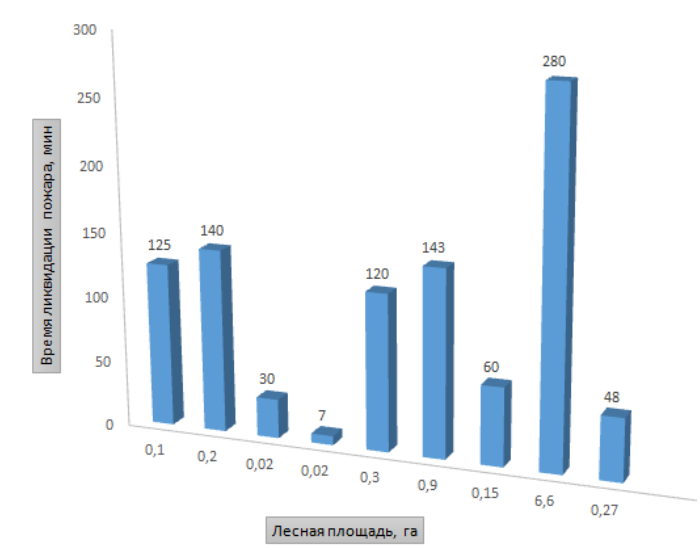
В Сомовском лесничестве Воронежской области можно выделить такие способы тушения лесных пожаров, как создание минерализованных полос и противопожарных разрывов, санитарные рубки, использование специализированной техники.

Благодаря данным постоянных мониторинговых исследований разрабатываются мероприятия и выбирается способ ликвидации пожаров с земли и воздуха.

На рис. 1 представлены графики зависимости времени ликвидации пожара от лесной площади исследуемой территории в 2021, 2022 и в 2024 годах.



2021 г. 2022 г.



2024 г.

Рисунок 2 – Зависимость времени ликвидации пожара от лесной площади в 2021-2024 годах

Анализ статистических данных о лесных пожарах за период 2021–2024 гг. свидетельствует о том, что доминирующим фактором возникновения возгораний выступает антропогенная неосторожность местного населения. Установлена прямая корреляционная зависимость: с увеличением площади пожара пропорционально возрастает продолжительность его полной ликвидации. Данное обстоятельство подтверждает

необходимость учета ресурсоемкости крупных возгораний при проектировании и планировании противопожарных мероприятий.

Продолжительность тушения определяется комплексом взаимосвязанных факторов. Ключевыми из них являются: позднее обнаружение очага вследствие недостаточной бдительности населения и задержки с передачей сигнала о возгорании, а также неблагоприятные природно-климатические условия, осложняющие проведение работ. Дополнительно на длительность ликвидации влияет обеспеченность подразделений материально-техническими средствами и кадровым составом.

В рамках дальнейшего исследования целесообразно провести корреляционный анализ между годовым объемом атмосферных осадков и динамикой количества зафиксированных лесных пожаров для выявления климатически обусловленных закономерностей.

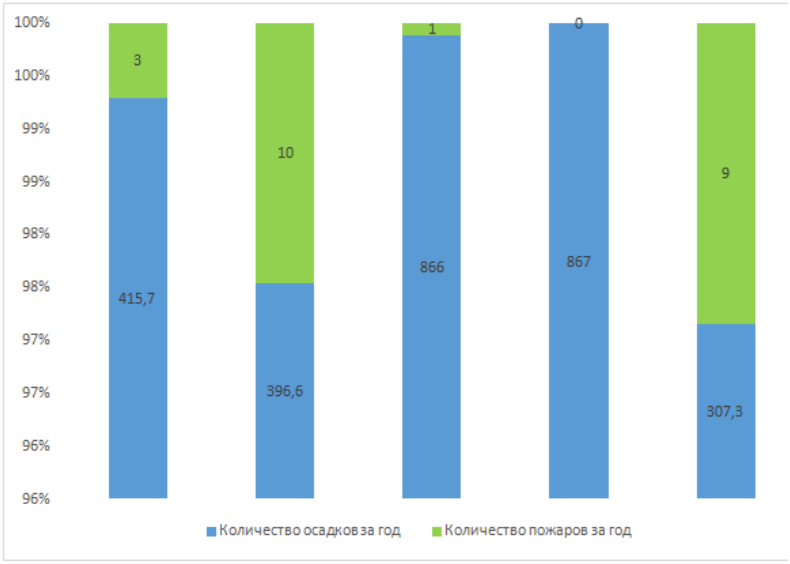


Рисунок 2 – Зависимость количества пожаров от количества осадков за год

Анализ климатических данных свидетельствует о выраженной обратной корреляционной зависимости между объемом атмосферных осадков и количеством лесных пожаров. В 2022 году при выпадении 866 мм осадков был зафиксирован лишь единичный случай возгорания, тогда как в 2023 году при аналогичном уровне увлажнения (867 мм) пожары не регистрировались вовсе. Установленная закономерность подтверждает гипотезу о определяющем влиянии климатических факторов, в частности засух и аномально высоких температур, на пожарную опасность лесных территорий.

Наряду с климатическими условиями, существенное воздействие на пожарную обстановку оказывает породный и возрастной состав насаждений [7]. На территории Сомовского лесничества наиболее уязвимыми к возгораниям являются средневозрастные

хвойные культуры искусственного происхождения. Данная закономерность обусловлена комплексом факторов. Во-первых, монодоминантность и одновозрастность насаждений способствуют беспрепятственному распространению огня по кронам и стволам. Во-вторых, формирование мощного слоя хвойной подстилки, отличающейся низкой влажностью и высокой горючестью, создает устойчивую базу для развития пожара. В-третьих, недостаточный уровень лесоводственного ухода, выражающийся в отсутствии своевременных рубок ухода и санитарных чисток, приводит к накоплению сухостоя и валежника, выступающих дополнительным горючим материалом.

По результатам комплексного анализа лесных пожаров на территории Сомовского лесничества за период 2021–2024 гг. проведена оценка эффективности существующих методов профилактики и тушения. На основании полученных данных сформулированы следующие выводы:

1. Структура профилактических мероприятий, включающая экологическое просвещение населения, раскрывает многоаспектное значение лесов как компонента биосферы. Информационные баннеры, аншлаги и иные средства наглядной агитации обеспечивают доведение до граждан сведений о соблюдении требований пожарной безопасности.

2. Реализация регионального плана противопожарного обустройства лесов Воронежской области на период 2024–2028 гг., предусматривающего устройство и поддержание минерализованных полос, противопожарных барьеров, прочистку просек, установку шлагбаумов и информационных стендов, позволит существенно повысить уровень пожарной защищенности территории Сомовского лесничества.

3. Ключевой проблемой остается низкий уровень пожарной культуры местного населения. Фиксируются случаи неосторожного обращения с огнем в recreational зонах, разведение костров в неустановленных местах, а также игнорирование рекомендаций МЧС и штормовых предупреждений, особенно в периоды высокого класса пожарной опасности.

На основании выявленных проблем разработаны рекомендации по совершенствованию системы противопожарной профилактики:

- ✓ интенсифицировать разъяснительную работу среди жителей пригородных районов и посетителей рекреационных зон, акцентируя внимание на правилах безопасного поведения в лесу;
- ✓ организовать информационные кампании по привлечению граждан к содействию лесопожарным формированиям (своевременное сообщение о возгораниях, участие в добровольных дружинах);
- ✓ обеспечить широкое информирование населения о размерах административных и уголовных штрафов за нарушение правил пожарной безопасности в лесах.

Список литературы

1. Беспаленко, О. Н. Лесная пирология: методические указания к практическим занятиям для студентов по направлению подготовки 35.03.01 – Лесное дело / О. Н. Беспаленко; ВГЛТУ. – Воронеж, 2015. – 51 с.

2. Воронежская область. Большая российская энциклопедия. – URL : https://old.bigenc.ru/geography/text/5770911 (дата обращения: 18.03.2026).

3. Лесохозяйственный регламент Сомовского лесничества Воронежской области. – 2018. – 272 с.

4. Лесной кодекс Российской Федерации : от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 28.07.2012) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350 (дата обращения: 18.03.2026).

5. Погода и климат Воронежской области – URL : https://www.meteonova.ru/(дата обращения: 18.03.2026).

6. План противопожарного обустройства Воронежской области. – 2024. – 453 с.

7. Правила пожарной безопасности в лесах (постановление Правительства РФ от 7 октября 2020 года № 1614). – URL : https://docs.cntd.ru/document https://www.meteonova.ru/ (дата обращения: 18.03.2026).

8. Приказ Минприроды России «Об утверждении Порядка осуществления мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров» от 23.06.2014 г. №276. – URL : https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId (дата обращения: 18.03.2026).

9. Приказ Минприроды России «Об утверждении Методики осуществления оперативного контроля за достоверностью сведений о пожарной опасности в лесах и лесных пожарах» от 5.12.2014 г. № 540. – URL : https://sudact.ru/law (дата обращения: 18.03.2026).

10. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. №7-ФЗ. – URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 18.03.2026).

References

1. Bespalenko, O. N. Forest Pyrology: Guidelines for Practical Classes for Students Majoring in Forestry / O. N. Bespalenko; VSTU. – Voronezh, 2015. – 51 p.

2. Voronezh Region. Great Russian Encyclopedia. – URL: https://old.bigenc.ru/geography/text/5770911 (accessed: 18.03.2026).

3. Forestry Regulations of the Somovskoye Forestry, Voronezh Region. – 2018. – 272 p.

4. Forest Code of the Russian Federation: dated 04.12.2006 No. 200-FZ (as amended on 28.07.2012) // SPS "ConsultantPlus". – URL:

http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350 (date of access: March 18, 2026).

5. Weather and climate of the Voronezh region – URL: https://www.meteonova.ru/ (date of access: March 18, 2026).

6. Fire safety plan for the Voronezh region. – 2024. – 453 p.

7. Fire safety rules in forests (RF Government Resolution of October 7, 2020 No. 1614). – URL: https://docs.cntd.ru/document https://www.meteonova.ru/ (date of access: March 18, 2026).

8. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia "On Approval of the Procedure for Monitoring Fire Danger in Forests and Forest Fires" dated June 23, 2014, No. 276. – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId (date of access: March 18, 2026).

9. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia "On Approval of the Methodology for Implementing Operational Monitoring of the Reliability of Information on Fire Danger in Forests and Forest Fires" dated December 5, 2014, No. 540. – URL: https://sudact.ru/law (date of access: March 18, 2026).

10. Federal Law "On Environmental Protection" dated January 10, 2002, No. 7-FZ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (accessed: 18.03.2026).

УДК: 630*5

DOI: 10.58168/EnvPr2026_69-78

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛИЗИРОВАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ ОТСУТСТВИИ МАТЕРИАЛОВ ЛЕСОУСТРОЙСТВА И ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ

FEATURES OF MODELING THE CHARACTERISTICS OF UTILIZED PLANTINGS IN THE ABSENCE OF FORESTRY MATERIALS AND THE TOP SOIL LAYER

Сериков М.Т., доцент Лесного факультета, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова", Россия, Воронеж

Serikov M.T., Associate Professor of the Forestry Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Водолажский А.Н., доцент Лесного факультета, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова", Россия, Воронеж

Vodolazhsky A.N., Associate Professor of the Forestry Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Тувышкина М.А., старший преподаватель Лесного факультета ФГБОУ ВО "ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова", Россия, Воронеж

Tuvyshkina M.A., Senior Lecturer at the Forestry Department of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Предлагаемая методика восстановления достоверной таксационной характеристики полностью утилизированных насаждений в случае отсутствия пней и актуальных материалов лесоустройства исключает выработку результатов с определенной степенью вероятности. Безусловность выводов обеспечивается: обязательным проведением натурного эксперимента непосредственно в объекте исследований в сочетании с дешифрированием материалов дистанционного зондирования Земли, имеющихся на общедоступных сайтах Google, Яндекс, Bing, а также в специализированном программном обеспечении QGIS и программе GoogleПланета Земля; сравнительным анализом изображений цветных космических снимков разных лет, выполненных до и после незаконной рубки с дополнительной компьютерной обработкой изображений (изменением их яркости, контрастности, масштабов); использованием методов научных исследований – аналогии (не тождества!), конкретизации, системного анализа и специальных методов – глазомерного и глазомерно-измерительного способа натурной таксации лесов растущих частей однородных участков аналоговых насаждений закладкой круговых перечетных площадок постоянного радиуса, размер которого зависит от среднего диаметра таксируемых насаждений и полноты.

Abstract: The proposed method for restoring the accurate taxation characteristics of fully utilized plantations in the absence of stumps and current forest management materials eliminates the possibility of obtaining results with a certain degree of probability. The conclusions are unconditional due to the following: the mandatory conduct of a field

© Сериков М. Т., Водолажский А. Н., Тувышкина М. А., 2026

experiment directly at the research site, combined with the deciphering of remote sensing data available on public websites such as Google, Yandex, Bing, as well as in specialized software such as QGIS and Google Earth; the comparative analysis of color space images from different years taken before and after illegal logging, with additional computer processing of the images (changing their brightness, contrast, and scale); and the use of scientific research methods such as analogy (not identity!), specification, system analysis, and special methods such as visual and visual-measuring methods.

Ключевые слова: утилизированные насаждения, материалы дистанционного зондирования Земли, аналогия, круговые площадки постоянного радиуса, таксационная характеристика насаждений.

Keywords: recycled plantations, remote sensing materials, analogy, circular plots of constant radius, taxation characteristics of plantations.

Для определения величины вреда, причинённого незаконным уничтожением лесных насаждений, необходима их таксационная характеристика, главным из которых является объём уничтоженных деревьев. Его можно восстановить по оставшимся пням, получив математические модели зависимости диаметров стволов на высоте груди и высот деревьев с диаметрами пней. Для получения исходных данных такого моделирования в ходе натурного эксперимента обмеряются растущие деревья в недорубленных частях выделов или смежных аналоговых насаждениях в количестве, обеспечивающем статистическую достоверность получаемых выводов. В случае отсутствия пней законодательными нормативами предусмотрено, что для восстановления характеристики срубленных деревьев используются материалы лесоустройства [3].

Однако имеют место ситуации (объекты), когда лесные насаждения незаконно утилизированы полностью, включая пни, а материалы лесоустройства отсутствуют или неактуальны в связи с давностью инвентаризации этих насаждений. Тем не менее перед экспертом стоит задача достоверно восстановить характеристики полностью утилизированных насаждений. Поэтому судебные экспертизы вынуждены решать специальные задачи криминалистики применительно к лесной сфере: разрабатывать новые и модернизировать имеющиеся технико-криминалистические методы и средства, совершенствовать методики экспертных исследований. Это реализуется благодаря тому, что эксперты обладают специальными познания, которые не относятся к числу общедоступных и массово распространенных [4].

Актуальность данной публикации обусловлена изложением разработанной автором методики аналогового моделирования характеристики полностью уничтоженных насаждений в результате снятия верхнего слоя почвы тяжёлой техникой вместе с растительностью при отсутствии актуальных материалов лесоустройства.

Объектом исследований послужили молодые насаждения в квартале 86 Новоусманского участкового лесничества КУ ВО «Лесная охрана» «Новоусманское

лесничество» Воронежской области на части предоставленного в аренду 16.02.2021 г. земельного участка с кадастровым номером 36:34:0354001:213 (рис. 1).



А Б

Рис. 1 Выкопировка лесоустроительного планшета квартала 86, лесоустройство 2003 г. (А), часть которого выделена в отдельный земельный участок с кадастровым номером 36:34:0354001:213 (Б) на публичной кадастровой карте Воронежа по данным Росреестра

При натурных экспертных исследованиях, проводимых в 2025 г. по завершению вегетационного периода, установлено, что рассматриваемые 14-летние насаждения были полностью уничтожены в 2024 г. до начала вегетации на двух делянках общей площадью 4,2 га (рис. 2, 3) в результате планировки территории тяжёлой техникой со сдвигом растительности и верхнего слоя почвы в отвалы (рис. 4). Эти насаждения, возникли естественным путём на месте сплошного лесного пожара 2010 г.

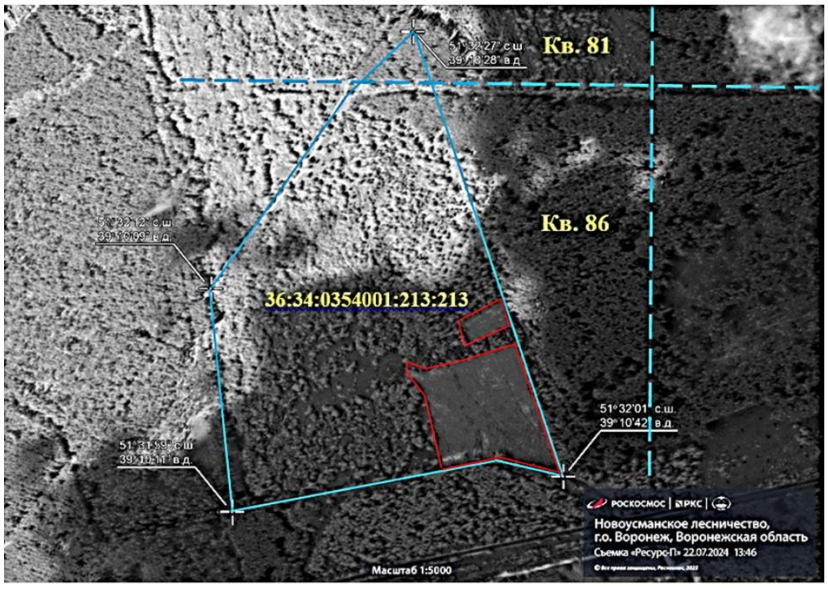


Рис. 2 Ситуационный фотоабрис на космоснимке от 22.07.2024 г.:

——— – границы незаконной рубки 2024 г.;

——— – границы арендуемого земельного участка с кадастровым номером 36:34:0354001:213;

– – – – границы кварталов

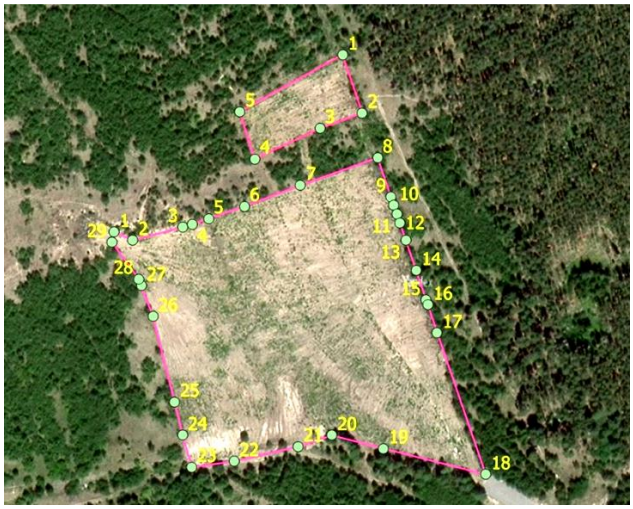


Рис. 3 Результаты натурной геодезической съёмки 23 и 25 ноября 2025 г. границ северной и южной делянок незаконной рубки на космическом снимке системы Яндекс

А Б



Рис. 4 Фотофиксация от 23.11.2025 г. результатов уничтожения плодородного слоя почвы и древесной растительности из-за их перемещения в отвалы с помощью тяжёлой техники:

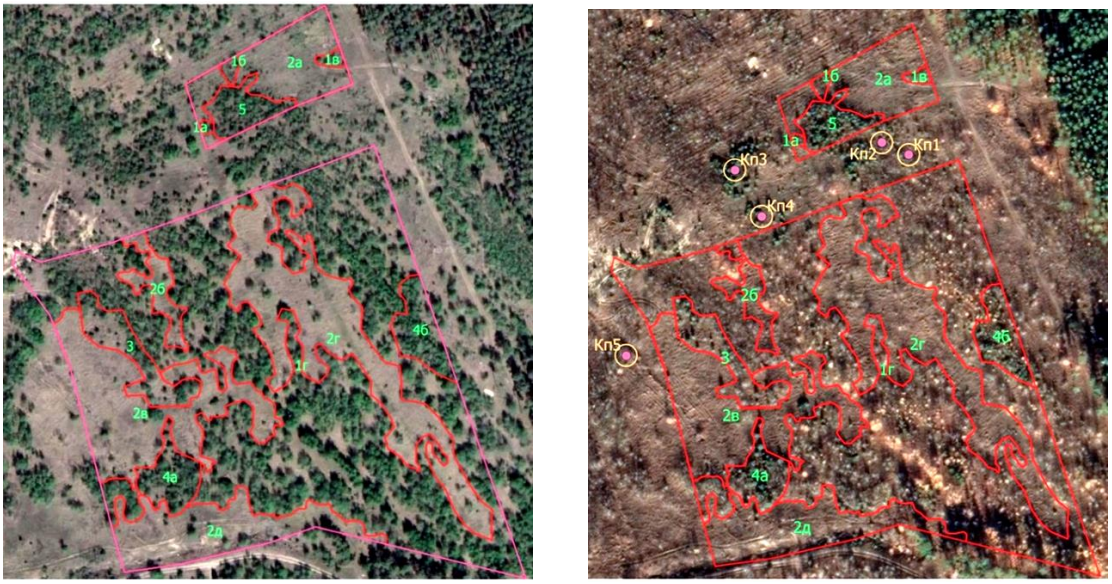
А – земляной отвал вдоль восточной границы южного участка с уничтоженной лесной растительностью;

Б – иллюстрация глубины снятия почвенного слоя вдоль северной границы южного участка с повторным естественным возобновлением 2-хлетней порослью осины и аналоговыми растущими насаждениями на неповреждённой лесной территории

Последнее лесоустройство Новоусманского лесничества состоялось в 2003 г., то есть леса объекта исследований не подвергались натурной инвентаризации последние 22 года, что делает материалы лесоустройства 2003 г. устаревшими. Кроме того, учтённые в 2003 г. насаждения были полностью уничтожены лесным пожаром в 2010 г., после которого лесной инвентаризации не проводилось.

Излагаемая в данной статье методика получения достоверной таксационной характеристики полностью уничтоженных лесных насаждений является дополнением к ранее опубликованной автором методике [5]. Она основана на комплексном сочетании натурных исследований и дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли, имеющихся на общедоступных сайтах Google, Яндекс, Bing, а также в программном обеспечении QGIS и программе GoogleПланета Земля.

Сочетание контурного дешифрирования границ выделов до их незаконного уничтожения до начала вегетации в 2024 г. (до незаконной рубки – рис. 5) и космических снимков после рубки (рис. 2, 3) с результатами натурного обследования в ноябре 2025 г. позволило определить расположение и границы выделов в пределах двух делянок, подвергшихся незаконному воздействию в 2024 г. Кроме того, это обеспечило достоверность выбора пунктов натурной глазомерно-измерительной таксации в характерных местах не срубленных аналоговых насаждений. Согласно действующим лесоустроительным нормативам [1], для определения таксационной характеристики этих насаждений в них были заложены круговые площадки постоянного радиуса (рис. 5Б).



А Б

Рис. 5 Фотоабрисы на репродукции космических снимков 2022 г. (А) и 2021 г. (Б) – результаты контурного дешифрирования границ выделов до незаконной рубки насаждений

в 2024 г. и мест заложения круговых площадок постоянного радиуса (Кп1, Кп2…) в аналоговых растущих насаждениях, не уничтоженных в 2024 г.:

——— – границы делянок и выделов на их территории до уничтожения лесной растительности в 2024 г.;

1а, 1б… 5 – номера выделов до 2024 г.

Радиус круговых площадок, согласно нормативам, составил 9,8 м (300 м^2), так как средний диаметр таксируемых насаждений менее 16 см, а полнота, определённая предварительно по космическим снимкам и глазомерно в натуре, оказалась 0,5 и более. На них отдельно для каждой составляющей породы выполнялся сплошной учёт количества растущих экземпляров с обмером диаметров стволов на высоте груди с округлением до 0,5 см с определением высотомером высоты у трёх средних по высоте деревьев с вычислением средней высоты породы и округлением до 0,5 м. В перечёт включались молодые деревья, начиная с толщины ствола ($Д_{1,3}$) 2 см, так как к моменту незаконной рубки (март 2024 г.) их высота была выше 1,3 м.

На фотоабрисе (рис. 5) в границах делянок 2024 г. было выделено 5 однородных участков леса (выделов). При этом однородные участки выдела 2 до 2024 г. были прогалинами. Поэтому для них отпала необходимость подбирать аналоговые насаждения. Данные перечета на пяти круговых площадках послужили основой для составления таксационной характеристики аналоговых насаждений естественного происхождения на конец вегетационного периода 2025 г. Эти таксируемые аналоговые насаждения произрастали после уничтожения вырубленных насаждений ещё 2 периода вегетации.

Главная цель определения таксационной характеристики полностью утилизированных насаждений – это определение объёма незаконно вырубленной древесины для оценки величины вреда (ущерба), причинённого этой рубкой в 2024 г. Поэтому запасы вырубленных насаждений оценки 2025 г. были уменьшены на величину их годичного прироста за эти 2 года (таблица 1). Годичный прирост по породам (м^3/год) определялся делением их сырорастущих запасов учёта 2025 г. на возраст.

Анализируя данные таблицы 1, достоверно установлено, что до начала вегетации в 2024 г. в кв. 86 Новоусманского участкового лесничества на двух делянках (рис. 2, 3) общей площадью 4,2 га был незаконно уничтожен (незаконная рубка) древесный запас в объёме 129,2 м^3, в том числе: осины – 115,0 м^3; сосны – 10,2 м^3; берёзы – 4,0 м^3, в результате чего лесам был причинён вред вследствие нарушения лесного законодательства.

Помимо прочего, в ходе натурных экспертных исследований на объекте общей площадью 4,2 га обнаружено повреждение, уничтожение бедных супесчаных почв в лесорастительных условиях $А_2$ и $В_2$, совершённое в 2024 г. в результате планировки

территории с применением тяжёлой техники (рис. 3, 4), чем нарушены требования раздела 3.3 Лесохозяйственного регламента Новоусманского лесничества Воронежской области 2018 г. (в ред. приказа Управления лесного хозяйства Воронежской области от 11.03.2022 № 202) [2]. Этим самым природному комплексу причинён дополнительный вред, что является нарушением требований лесного и природоохранных законодательств РФ.

Выводы по результатам исследований. Предлагаемая методика восстановления достоверной таксационной характеристики полностью утилизированных насаждений в случае отсутствия пней и актуальных материалов лесоустройства исключает выработку результатов с определенной степенью вероятности. Безусловность выводов обеспечивается:

- обязательным проведением натурного эксперимента непосредственно в объекте исследований в сочетании с дешифрированием материалов дистанционного зондирования Земли, имеющихся на общедоступных сайтах Google, Яндекс, Bing, а также в специализированном программном обеспечении QGIS и программе GoogleПланета Земля;

- сравнительным анализом изображений цветных космических снимков разных лет, выполненных до и после незаконной рубки;

- дополнительной компьютерной обработкой изображений (изменением их яркости, контрастности, масштабов) для повышения точности дешифрирования материалов космического дистанционного зондирования;

- наличием растущих частей однородных участков насаждений, аналогичных вырубленным;

- использованием методов научных исследований – аналогии (не тождества!), конкретизации, системного анализа и специальных методов – глазомерного и глазомерно-измерительного способов натурной таксации лесов;

- наиболее точным способом определения запаса древесины аналоговых насаждений – закладкой круговых перечетных площадок постоянного радиуса, размер которого зависит от среднего диаметра таксируемых насаждений и полноты.

Благодаря выполнению этих условий выводы имеют однозначный, бесспорный характер, что является обязательным требованием при проведении судебных экспертиз по оценке вреда от незаконных рубок.

Таблица 1 – Таксационная характеристика незаконно уничтоженных насаждений в 2024 г. в квартале 86 Новоусманского участкового лесничества

№ выдела	Площадь выдела, га	Состав. Наименование категории земель ЛФ	Составляющая порода	Возраст, лет	Высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Тип леса, ТЛУ	Полнота	Запас сырорастущего леса, $м^3$				Годичный прирост по породам, $м^3$/год	Общий запас сырорастущего леса к моменту рубки 2024 г, $м^3$	
										на 1 гектар		Общий на выделе, 2025 г.				
										всего	в т.ч. по составл. породам	всего	в т.ч. по составл. породам		всего	в т.ч. по составл. породам
1	2,1689	10Ос+Б+С	Ос	14	11	5,9	1а	ССРТ $В_2$	0,5	62	59	134,5	128,0	9,14	115,3	109,7
			Б		11	13					2		4,3	0,31		3,7
			С		3,5	4,5					1		2,2	0,155		1,9
2	1,6208	Прогалина														
3	0,1232	8С2Ос+Б	С	14	6	8,8	1	СТР $А_2$	0,6	37	29	4,6	3,6	0,255	3,9	3,1
			Ос		5,5	4,3					7		0,9	0,06		0,7
			Б		5,5	5,4					1		0,1	0,008		0,1
4	0,1876	6Ос4С+Б	Ос	14	6,5	5,6	1	СТР $А_2$, ССРТ $В_2$	0,6	36	22	6,7	4,1	0,295	5,8	3,5
			С		5,2	6,3					13		2,4	0,174		2,1
			Б		6,5	6,4					1		0,2	0,013		0,2
5/3	0,0800	7С3Ос	С	14	5,5	6,7	1	ССРТ $В_2$	1,0	55	39	4,4	3,1	0,223	4,2	3,1
			Ос		6	4,3					16		1,3	0,091		1,1
Итого	4,1805											150,2			129,2	
			Ос													115,0
			С													10,2
			Б													4,0

Список литературы

1. Лесоустроительная инструкция (утв. приказом Минприроды России от 05.08.2022 г. № 510). – Текст : электронный – docs.cntd.ru›document/351878696.

2. Лесохозяйственный регламент Новоусманского лесничества Воронежской области 2018 г. (в ред. приказа Управления лесного хозяйства Воронежской области от 11.03.2022 № 202). – Текст : электронный – docs.cntd.ru›document/550190844.

3. Методика определения размера возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства (приложение № 4 к особенностям возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства (утв. постановлением Правительства РФ от 29.12.2018 г. № 1730 с изм. от 18.12.2020 г.). – Текст : электронный – КонсультантПлюс.

4. Сериков, М.Т. Основы проведения лесоводственно-экологических экспертиз. Учебное пособие [для обучающихся по направлению подготовки магистров 35.04.01 – Лесное дело] / М.Т. Сериков; Минобрнауки России, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова». – Воронеж, 2017. – 62 с. – Текст : электронный – e.lanbook.com›book/102259?category=43751.

5. Сериков, М.Т. Особенности восстановления характеристики утилизированных насаждений методом исследования аналоговых объектов / М.Т. Сериков. – Текст : непосредственный // Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата / Материалы II Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2025. – с. 116-121.

References

1. Forest management instruction (approved by the order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 08/05/2022 № 510). – Text : electronic – docs.cntd.ru "document/351878696.

2. Forestry Regulations of the Novousmansky Forestry District of the Voronezh Region in 2018 (as amended by the Order of the Forestry Department of the Voronezh Region dated 03/11/2022 No. 202). – Text: electronic – docs.cntd.ru "document/550190844.

3. Methodology for determining the amount of compensation for damage caused to forests and natural objects located in them as a result of violations of forest legislation (Appendix No. 4 to the specifics of compensation for damage caused to forests and natural objects located in them as a result of violations of forest legislation (approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated December 29, 2018 No. 1730 as amended dated 18.12.2020). – Text: electronic – ConsultantPlus.

4. Serikov, M.T. Fundamentals of forestry and environmental expertise. Textbook [for students in the field of master's degree 35.04.01 – Forestry] / M.T. Serikov; Ministry of Education and Science of Russia, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education named after G.F. Morozov. Voronezh, 2017. 62 p. – Text : electronic e.lanbook.com "book/102259?category=43751.

5. Serikov, M.T. Features of Restoring the Characteristics of Recycled Plantations by Studying Analog Objects / M.T. Serikov. – Text: direct // Forest Ecosystems in a Changing Climate / Materials of the II International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 95th Anniversary of VGLTU; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, FGBOU VO VGLTU. – Voronezh, 2025. – pp. 116-121.

УДК 630*907

DOI: 10.58168/EnvPr2026_79-85

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

COMPARATIVE ANALYSIS OF NATIONAL AND FOREIGN METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING RECREATIONAL DEGRESSION OF FOREST ECOSYSTEMS

Старухина Е.А., аспирант кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова", Воронеж, Россия

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» Воронеж, Россия

Варгузина М.Г., аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Starukhina E. A., Postgraduate Student of the Department of Ecology, Forest Protection, and Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Varguzina M.G., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Проведён сравнительный анализ российских и зарубежных методических подходов к оценке рекреационной дигрессии лесных экосистем. Рассмотрены классические отечественные шкалы (Н.С. Казанской, Л.П. Рысина) и зарубежные управленческие системы (ROS, LAC, VIM, VERP). Выявлены методологические различия и обоснована перспективность синтеза двух научных школ на основе современных цифровых технологий (ГИС, дистанционное зондирование).

Abstract: A comparative analysis of Russian and foreign methodological approaches to assessing recreational digression of forest ecosystems was carried out. Classical domestic scales (N.S. Kazanskaya, L.P. Rysin) and foreign management systems (ROS, LAC, VIM, VERP) are considered. Methodological differences are identified and the prospects for the synthesis of two scientific schools based on modern digital technologies (GIS, remote sensing) are substantiated.

Ключевые слова: рекреационная дигрессия, лесные экосистемы, биоиндикация, пределы допустимых изменений, LAC, ROS, VERP, ГИС-мониторинг.

Keywords: recreational digression, forest ecosystems, bioindication, limits of acceptable change, LAC, ROS, VERP, GIS monitoring.

© Старухина Е. А., Яковенко Н. В., Варгузина М. Г., 2026

Введение. В условиях растущей урбанизации и увеличения рекреационных нагрузок лесные экосистемы, выполняющие средообразующие и рекреационные функции, подвергаются всё более сильному антропогенному прессу [1, 2]. Как следствие, развивается сложный процесс рекреационной дигрессии: уплотняется почва, трансформируется живой напочвенный покров, повреждается древостой, снижается биологическая устойчивость насаждений [3]. Объективная диагностика степени этих нарушений становится не только научной, но и управленческой задачей, без решения которой невозможен переход к устойчивому лесопользованию.

К настоящему времени в мировой науке сформировались две крупные методические школы, по-разному оценивающие рекреационное воздействие. Первая, основанная в 1970–1980-х годах советскими учёными, делает акцент на биологической диагностике состояния природных комплексов через выделение стадий дигрессии [4, 5]. Вторая, получившая развитие преимущественно в США и Западной Европе, фокусируется на управлении качеством отдыха и определении пределов допустимых изменений ландшафта [6, 7]. Эти подходы долгое время развивались в почти не пересекающихся научных парадигмах, что привело к разрыву в понимании и способах решения общих проблем.

Цель настоящей работы – провести системный сравнительный анализ отечественных и зарубежных методических подходов к оценке рекреационной дигрессии лесных экосистем, выявить их фундаментальные различия, сильные и слабые стороны, а также обосновать возможности синтеза с учётом развития современных цифровых технологий мониторинга.

Методология исследования. Исследование базируется на сочетании сравнительно-аналитического метода, системного подхода и контент-анализа отечественных и зарубежных научных публикаций в области рекреационного лесопользования. Отбор источников проводился по ключевым словам, связанным с рекреационной дигрессией, рекреационной ёмкостью и управлением посетительскими потоками на особо охраняемых природных территориях, с временным охватом от классических работ 1970–1980-х годов до публикаций 2024–2025 годов.

Для сопоставления методических подходов была разработана система критериев, включающая шесть параметров: объект оценки и целевую направленность методики; состав и характер используемых индикаторов; степень интеграции с управленческими решениями; учёт социальных факторов рекреационного использования; трудоёмкость мониторинга; применимость в условиях различных типов лесных экосистем. Каждый критерий оценивался на основе анализа оригинальных методических публикаций, практических руководств и обзорных исследований, обобщающих опыт применения рассматриваемых подходов.

Особое внимание в методологии уделено сопоставлению не только содержательных характеристик подходов, но и их операциональной применимости — то есть возможности практической реализации в полевых условиях без привлечения дорогостоящего оборудования и длительных временных рядов. Это особенно актуально для российских условий, где ресурсное обеспечение мониторинговых программ часто ограничено.

Результаты исследования и их обсуждение

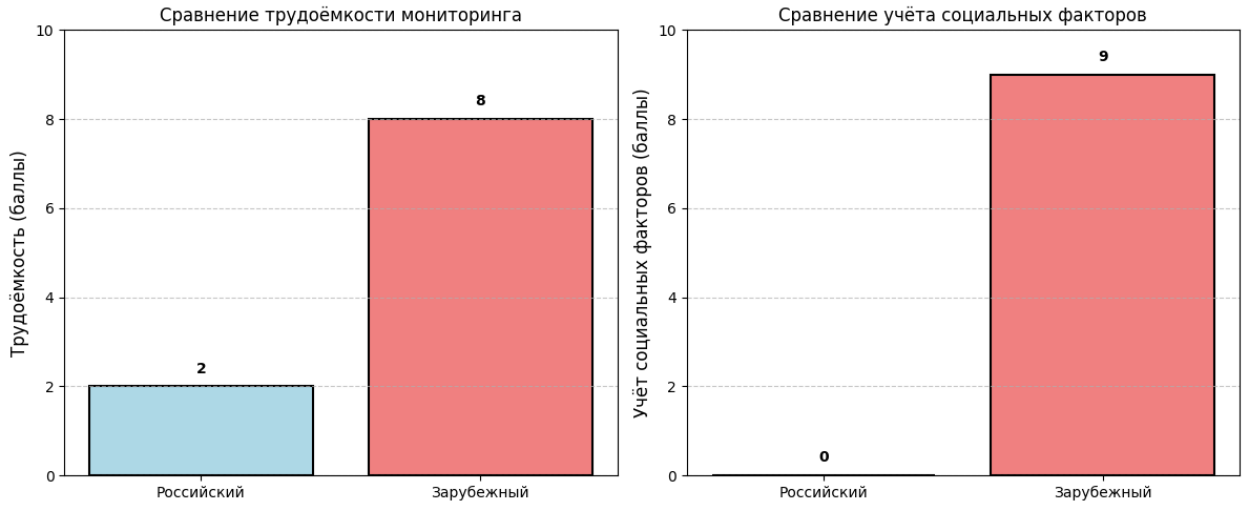
2.1. Сравнительная характеристика подходов

Проведённый анализ позволяет выделить несколько фундаментальных различий (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика российского и зарубежного подходов к оценке рекреационной дигрессии

Критерий	Российский подход	Зарубежный подход
Цель	Диагностика биологического состояния	Управление качеством рекреационного опыта
Основа	Стадии дигрессии (3–5 градаций)	Система «индикатор — стандарт»
Индикаторы	Состояние подстилки, покрова, подроста	Ширина троп, эрозия, доля обнажённой почвы, социальные показатели
Связь с нормированием	Косвенная	Прямая (установление стандартов)
Трудоёмкость	Низкая	Высокая
Учёт социальных факторов	Отсутствует	Присутствует
Цикличность	Разовая оценка	Постоянный мониторинг

Для наглядного сравнения трудоёмкости и учёта социальных факторов построена визуализация (рис. 1).



2.2. Отечественная школа: стадии дигрессии

В России и странах постсоветского пространства наиболее распространённым методическим подходом является диагностика стадий рекреационной дигрессии, основанная на определении степени изменения компонентов природного комплекса.

Основополагающими стали работы Н.С. Казанской [4], предложившей четырёх-, а затем пятистадийную шкалу, и Л.П. Рысина [1], сделавшего акцент на изменениях в древостое и тропиночной сети. Ключевое понятие этих шкал – «стадия рекреационной дигрессии», интегральная качественно-количественная характеристика состояния экосистемы, определяемая по таким признакам, как проективное покрытие напочвенного покрова, мощность лесной подстилки, наличие и густота подроста, степень развития тропиночной сети и уплотнения почвы [5].

Данный подход биологически обоснован и относительно прост в полевом применении. Однако у него есть серьёзные ограничения. Во многих исследованиях III стадия рассматривается как условный порог устойчивости лесной экосистемы, после которого резко возрастает риск необратимых изменений. При этом конкретные пороговые значения сильно зависят от типа леса, почвенно-гидрологических условий и, что важно, от квалификации эксперта, что привносит субъективизм. В последние годы российская школа активно интегрируется с геоинформационными технологиями и дистанционным мониторингом. ГИС-анализ, спутниковые снимки Sentinel-2, беспилотные летательные аппараты (UAV) позволяют количественно оценить признаки дигрессии (развитие тропиночной сети, структуру проективного покрытия), которые раньше фиксировались только визуально [8].

2.3. Зарубежная школа: управленческие рамки

Принципиально иной подход сформировался в западной науке, где во главу угла ставится не констатация ущерба, а процесс управления рекреацией и определение её допустимых пределов. В зарубежной литературе подобные системы часто называют *framework*, подчёркивая их характер как комплексных организационно-методических структур, или «управленческих моделей». Базовой для многих из них стала модель «Спектр рекреационных возможностей» (ROS), классифицирующая природные территории от «примитивных» до «городских» в зависимости от удалённости, инфраструктуры и социальных условий [6]. ROS обладает высокой управленческой гибкостью, однако её применение затрудняет количественная верификация отдельных классов.

Дальнейшим развитием стала концепция «Пределы допустимых изменений» (LAC) – циклический девятиступенчатый процесс, сместивший парадигму с вопроса «Сколько посетителей – это слишком много?» на вопрос «Какой уровень изменений среды является приемлемым?» [7]. Несмотря на широкое признание, практическая реализация LAC остаётся сложной из-за необходимости многолетнего мониторинга и высокой чувствительности результатов к выбору индикаторов. Ключевые элементы LAC – разработка стандартов для заранее выбранных индикаторов (ширина троп, плотность почвы, количество обнажённых корней) и цикличный контроль их состояния. Сходный принцип заложен в системе VERP,

усиливающей внимание к качеству посетительского опыта. Эти модели требуют значительных ресурсов для долгосрочного мониторинга, но в то же время дают прямое обоснование для управленческих решений.

2.4. Тренды сближения и возможности синтеза

В XXI веке наметился отчётливый тренд на сближение двух школ, во многом благодаря цифровым технологиям. Визуальные методы уступают место количественным. По данным зарубежных исследований, наиболее чувствительными индикаторами деградации признаны: снижение проективного покрытия растительности более чем на 50–70%, увеличение ширины троп свыше 1,5–2 раз, рост плотности почвы (*bulk density*) на 20–40% и увеличение площади поперечного сечения троп (CSA) как точной меры эрозии [9]. Для измерения этих параметров всё активнее применяются ГИС-модели прогнозирования деградации троп [10], данные LiDAR [11] и методы explainable machine learning для выявления участков с повышенным риском эрозии [12].

Эта технологическая база создаёт предпосылки для интеграции опыта двух школ. Российские биологические критерии (стадии дигрессии, детально описывающие состояние растительности и почвы) могут использоваться как комплексные «индикаторы состояния», которые, в свою очередь, встраиваются в западную циклическую управленческую рамку, например LAC. Такой гибридный подход (рис. 2) позволил бы объединить биологическую строгость и простоту отечественных методов с управленческой и социально-экономической направленностью зарубежных моделей.

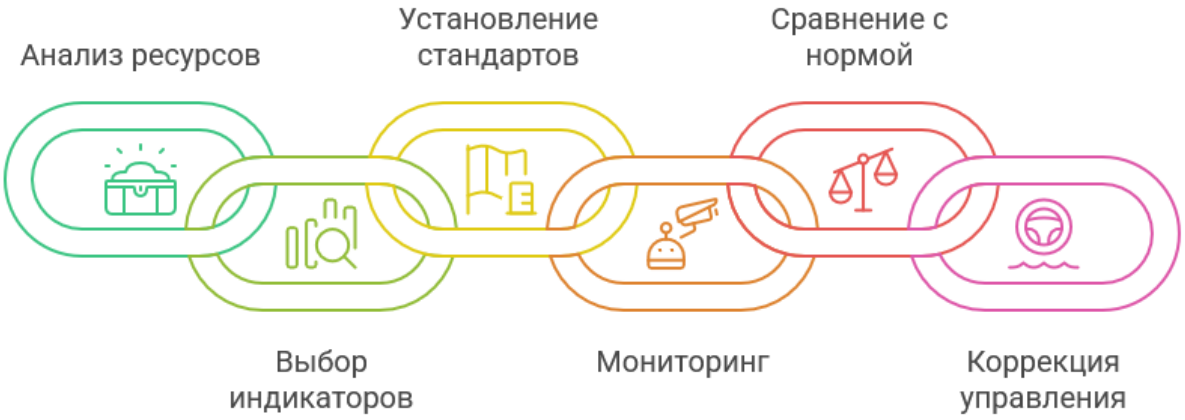


Рис. 2. Гибридная схема: интеграция российских стадий дигрессии в цикл LAC

Заключение

Проведённый анализ подтверждает, что отечественная и зарубежная школы развивались в разных научных парадигмах. Российская традиция ориентирована преимущественно на биоиндикацию состояния лесных экосистем, тогда как зарубежные подходы сосредоточены на управлении рекреационными процессами и поддержании допустимого уровня изменений [3, 6]. Однако сегодня эти подходы уже не являются

взаимоисключающими. Представленные результаты показывают, что основные ограничения каждой из школ (субъективизм и отсутствие управленческого выхода у российской, высокая ресурсоёмкость у западных) могут быть в значительной степени нивелированы путём их синтеза. Развитие цифрового мониторинга, ГИС-технологий и дистанционного зондирования [8, 10] создаёт технологическую основу для преодоления разрыва. Биологические критерии российских шкал могут быть оцифрованы, верифицированы и стандартизированы, что снимает проблему субъективизма. Будучи включёнными в циклическую структуру LAC или VERP в качестве целевых «индикаторов состояния», они приобретают необходимый управленческий контекст и становятся основой для принятия решений.

Список литературы

1. Рысин Л.П. Рекреационные леса и проблемы их использования. – М.: Наука, 1983. – 160 с.

2. Hammitt W.E., Cole D.N., Monz C.A. Wildland Recreation: Ecology and Management. 3rd ed. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2015. – 336 p.

3. Таран И.В., Спиридонов В.Н. Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 180 с.

4. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). – М.: Лесная промышленность, 1977. – 96 с.

5. Ивонин В.М. Рекреационное лесоводство. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 1995. – 186 с.

6. McCool S.F., Clark R.N., Stankey G.H. An assessment of frameworks useful for public land recreation planning. – Portland, OR: USDA Forest Service, 2007. – 125 p.

7. Stankey G.H., Cole D.N., Lucas R.C., Petersen M.E., Frissell S.S. The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning. – Ogden, UT: USDA Forest Service, 1985. – 37 p.

8. Kozłowska-Adamczak M., Jezierska-Thöle A., Essing-Jelonkiewicz P. Application of Remote Sensing for the Evaluation of the Forest Ecosystem Functions and Tourism Services // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, № 5. – Art. 2060.

9. Marion J.L. A review and synthesis of recreation ecology research supporting carrying capacity and visitor use management decisionmaking // Journal of Forestry. – 2016. – Vol. 114, № 3. – P. 339–351. DOI: 10.5849/jof.15-024.

10. Eagleston H., Marion J.L. Application of airborne LiDAR and GIS in modeling trail erosion along the Appalachian Trail, New Hampshire, USA // Landscape and Urban Planning. – 2020. – Vol. 201. – Art. 103765. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103765.

11. The application of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and GIS to the analysis and monitoring of recreational trail conditions // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2023. – Vol. 123. – Art. 103474. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103474.

12. Jo H., Kang Y., Son S. Predicting Forest Trail Degradation Susceptibility Using GIS-Based Explainable Machine Learning // Forests. – 2025. – Vol. 16, № 7. – Art. 1074. DOI: 10.3390/f16071074.

References

1. Rysin L.P. Recreational Forests and Problems of Their Use. Moscow: Nauka, 1983. 160 p.

2. Hammitt W.E., Cole D.N., Monz C.A. Wildland Recreation: Ecology and Management. 3rd ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015. 336 p.

3. Taran I.V., Spiridonov V.N. Stability of Recreational Forests. Novosibirsk: Nauka, 1977. 180 p.

4. Kazanskaya N.S., Lanina V.V., Marfenin N.N. Recreational Forests (Status, Protection, Prospects of Use). Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1977. 96 p.

5. Ivonin V.M. Recreational Forestry. – Rostov-on-Don: SKNTs VSh, 1995. – 186 p.

6. McCool S.F., Clark R.N., Stankey G.H. An assessment of frameworks useful for public land recreation planning. – Portland, OR: USDA Forest Service, 2007. – 125 p.

7. Stankey G.H., Cole D.N., Lucas R.C., Petersen M.E., Frissell S.S. The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning. – Ogden, UT: USDA Forest Service, 1985. – 37 p.

8. Kozłowska-Adamczak M., Jezierska-Thöle A., Essing-Jelonkiewicz P. Application of Remote Sensing for the Evaluation of the Forest Ecosystem Functions and Tourism Services // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, No. 5. – Art. 2060.

9.Marion J.L. A review and synthesis of recreation ecology research supporting carrying capacity and visitor use management decisionmaking // Journal of Forestry. – 2016. – Vol. 114, No. 3. – P. 339–351. DOI: 10.5849/jof.15-024.

10. Eagleston H., Marion J.L. Application of airborne LiDAR and GIS in modeling trail erosion along the Appalachian Trail, New Hampshire, USA // Landscape and Urban Planning. – 2020. – Vol. 201. – Art. 103765. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103765.

11. The application of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and GIS to the analysis and monitoring of recreational trail conditions // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2023. – Vol. 123. – Art. 103474. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103474.

12. Jo H., Kang Y., Son S. Predicting Forest Trail Degradation Susceptibility Using GIS-Based Explainable Machine Learning // Forests. – 2025. – Vol. 16, No. 7. – Art. 1074. DOI: 10.3390/f16071074.

УДК 342:630*9

DOI: 10.58168/EnvPr2026_86-91

НАРУШЕНИЯ ЛЕСНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

VIOLATIONS OF FOREST LEGISLATION IN THE SPHERE OF MULTIPURPOSE USE OF FORESTS IN THE KALUGA REGION

Тувышкина М.А., старший преподаватель Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Мокроусова Д.Н., студентка магистратуры Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Tuvyshkina M.A., Senior Lecturer, Faculty of Forestry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Mokrousova D.N., Master's student of the Forestry Faculty of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: На основании данных официальной статистической отчётности Министерства природных ресурсов и экологии Калужской области, материалов прокурорских проверок и судебной практики, материалов дистанционного мониторинга за период 2020–2025 гг. проведён комплексный анализ нарушений лесного законодательства. Целью анализа является выявление количественных тенденций, структурных особенностей и пространственного распределения лесонарушений для определения приоритетных проблем и оценки эффективности контрольно-надзорной деятельности на территории Калужской области.

Abstract: A comprehensive analysis of forestry law violations was conducted using official statistical reports from the Ministry of Natural Resources and Environment of the Kaluga Region, prosecutorial audits, judicial review, and remote monitoring data for the period 2020–2025. The purpose of the analysis is to identify quantitative trends, structural features, and the spatial distribution of forestry violations to identify priority issues and assess the effectiveness of enforcement activities in the Kaluga Region.

Ключевые слова: нарушения лесного законодательства, незаконная рубка, самовольное использование, причиненный ущерб.

Keywords: violations of forest legislation, illegal logging, unauthorized use, damage caused.

Леса Российской Федерации, являясь ее стратегическим природным ресурсом, выполняют важнейшие экологические, экономические и социальные функции. Принцип многоцелевого, непрерывного и неистощительного использования лесов, закрепленный в Лесном кодексе РФ [2,3], призван обеспечить баланс между этими функциями. Однако на

© Тувышкина М. А., Мокроусова Д. Н., 2026

практике его реализация сопряжена с системными нарушениями лесного законодательства, которые ведут к деградации лесных экосистем, экономическим потерям и росту социальной напряженности [4]. Калужская область, обладающая значительным лесным фондом в центре Европейской части России, представляет собой показательный регион для изучения данной проблемы. Высокая антропогенная нагрузка, обусловленная близостью к столице России, активное развитие транспортной и промышленной инфраструктуры, а также растущий спрос на территорию и ресурсы леса создают комплексные риски для устойчивого лесопользования [1].

В таблице 1 представлена классификация лесонарушений, зафиксированных на территории Калужской области в период с 2020 по 2025 год, по видам совершённых противоправных деяний, повлёкших причинение вреда лесному фонду региона.

Таблица 1 – Классификация нарушений лесного законодательства, причинивших вред лесам на территории Калужской области за период 2020 – 2025 гг.

Вид нарушения	Годы					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Незаконная рубка	80	57	56	51	53	56
Загрязнение лесов отходами (несанкционированные свалки)	15	14	16	58	30	25
Самовольное использование	12	14	5	5	11	7
Прочие нарушения	12	13	6	27	13	4
ИТОГО	119	98	83	141	107	92

Общее количество нарушений лесного законодательства, причинивших вред лесам на территории Калужской области, в период с 2020 по 2025 год колеблется в пределах от 83 до 141 случая в год. Минимальное значение (83 нарушения) зафиксировано в 2022 году, максимальное (141 нарушение) – в 2023 году (рост на 69,9% по сравнению с 2022 годом). В последние два года наблюдается снижение количества нарушений, а именно 2024 год – 107 нарушений (снижение на 24,1% по сравнению с 2023 годом), 2025 год – 92 нарушения (снижение на 14% по сравнению с 2024 годом).

Незаконная рубка является наиболее распространённым нарушением во все годы, кроме 2023 года. Максимальное значение в 2020 году – 80 случаев, минимальное значение в 2023 году – 51 случай, в 2023 году загрязнение лесов занимает лидирующую позицию, в 2024 – 2025 годах незаконная рубка снова взяла вверх.

Загрязнение лесов отходами (несанкционированные свалки) – резкий рост случился в 2023 году (58 случаев), что в 3,6 раза больше, чем в 2022 году. В 2024 – 2025 годах случаи загрязнение лесов взяли тенденцию на снижение, но при этом данный вид нарушения все равно остается на втором месте.

Самовольное использование земель лесного фонда – наиболее стабильный и низкий показатель, максимум – 14 случаев в 2021 году, минимум – 5 случаев в 2022, 2023 годах.

К прочим нарушениям лесного законодательства на территории Калужской области в период с 2020 – 2025 года относятся такие нарушения, как уничтожение или повреждение лесных культур, уничтожение или повреждение лесоустроительных или лесохозяйственных знаков, повреждение объектов лесной инфраструктуры, повреждение почвенного покрова. Всплеск прочих нарушений лесного законодательства произошел в 2023 году – 27 случаев (в 4,5 раза больше, чем в 2022 году), а в 2025 году достиг своего минимума за весь период и составил – 4 случая.

Таким образом, анализ абсолютных показателей выявленных нарушений, причинивших вред лесам на территории Калужской области за шестилетний период выявил нестабильную, волнообразную динамику, не имеющую четкой тенденции к систематическому снижению или росту. Это указывает на цикличность и зависимость показателей от внешних факторов, а не на устойчивую результативность профилактической работы.

Доля каждого вида нарушений лесного законодательства от общего их числа приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Структура нарушений лесного законодательства за период 2020-2025 гг. на территории Калужской области (в % от общего числа)

Годы	Виды нарушений лесного законодательства			
	Незаконная рубка	Загрязнение	Самовольное использование	Прочие
2020	67,2	12,6	10,1	10,1
2021	58,2	14,3	14,3	13,3
2022	67,5	19,3	6,0	7,2
2023	36,2	41,1	3,5	19,1
2024	49,5	28,0	10,3	12,1
2025	60,9	27,2	7,6	4,3

В 2023 году произошло значительное изменение структуры, загрязнение лесов стало лидирующем нарушением (41,1%), незаконная рубка снизилась до 36,2%. В остальные года незаконная рубка является приоритетным нарушением лесного законодательства в Калужской области и составляет 50-70% от всех нарушений, причинивших вред.

2023 год является аномальным, свидетельствующий о резком росте загрязнения лесов и прочих нарушений, причинами данного скачка стало резкое увеличение количества отдыхающих на природе, высокая стоимость или нерегулярность вывоза мусора по региональному оператору, особенно в дачных поселках и сельских населенных пунктах, граничащих с лесом.

Снижение общей тенденции в 2024 – 2025 годах может свидетельствовать о снижении числа нарушителей, повышении эффективности лесного контроля (надзора), лесной охраны, при этом незаконная рубка остается ключевой проблемой лесного хозяйства на территории Калужской области.

Оценка ущерба является ключевым индикатором тяжести последствий лесонарушений. Разные виды нарушений причиняют ущерб различного характера: прямой экономический (стоимость незаконно изъятых ресурсов), экологический (деградация экосистем) и социальный (утрата рекреационного потенциала). В таблице 3 представлен анализ по основным категориям в период с 2020 по 2025 года.

Таблица 3 – Ущерб, причиненный лесному фонду за период 2020-2025 гг. на территории Калужской области (в тыс. руб.)

Годы	Виды нарушений лесного законодательства				
	Незаконная рубка	Загрязнение лесов отходами (несанкционированные свалки)	Самовольное использование	Прочие нарушения	ИТОГО
2020	21684,0	8,7	3483,1	479,0	25654,8
2021	39953,2	12,8	259,8	8580,5	48806,3
2022	36383,6	24121,6	114,0	104,9	60724,1
2023	138299,6	4540,4	131,6	42062,4	185034
2024	82538,7	1555,5	878,9	1513,8	86486,9
2025	18866,63	7372,16	21373,25	34,89	47646,93

Общий ущерб значительно колеблется, достигнув максимального значения в 2023 году (185 034 тыс. руб.), что более чем в 3 раза превышает показатель 2022 года и почти в 7,2 раза больше, чем в 2020 году. Минимальный ущерб зафиксирован в 2020 году и составляет 25 654,8 тыс. руб. В 2024–2025 гг. наблюдается значительное снижение ущерба по сравнению с 2023 годом, но он остается выше уровня 2020–2022 годов.

Незаконная рубка является ключевым источником ущерба во все годы, кроме 2025. Максимальный ущерб в 2023 году (138 299,6 тыс. руб.), что составляет почти 75% общего ущерба за этот год. В 2025 году ущерб от незаконных рубок резко снизился, составил 18 866,63 и перестал быть доминирующим.

По загрязнению лесов отходами наибольший ущерб зафиксирован в 2022 году (24 121,6 тыс. руб.), что составило почти 40% от общего ущерба. При этом количество случаев загрязнения в 2022 году было небольшим (16 случаев), что говорит о высокой стоимости ликвидации или крупномасштабности каждого отдельного инцидента. В остальные годы ущерб от загрязнения относительно невелик, так в 2020 году – 8,7 тыс. руб., в 2021 году –

12,8 тыс. руб., в 2023 – 2025 годах ущерб имел тенденцию повышения, и в 20205 году составил 7372,16 тыс. руб.

Самовольное использование в целом наносит наименьший ущерб, за исключением 2025 года, когда он резко вырос до 21 373,25 тыс. руб. (почти 45% от общего ущерба). В 2021–2024 годах ущерб от этого вида нарушений был минимальным (от 114 до 878,9 тыс. руб.).

Наибольший ущерб от прочих нарушений произошел в 2023 году (42 062,4 тыс. руб.), что составило 22,7% от общего ущерба. В остальные годы ущерб варьируется, оставаясь в целом на низком уровне (кроме 2021 года — 8 580,5 тыс. руб.).

В таблице 4 отражена структура ущерба по годам (в % от общего).

Таблица 4 – Структура ущерба за период 2020-2025 гг. на территории Калужской области (в % от общего числа)

Годы	Виды нарушений лесного законодательства			
	Незаконная рубка	Загрязнение	Самовольное использование	Прочие
2020	84,5	0,03	13,6	1,9
2021	81,9	0,03	0,5	17,6
2022	59,9	39,7	0,2	0,2
2023	74,7	2,5	0,07	22,7
2024	95,4	1,8	1,0	1,8
2025	39,6	15,5	44,9	0,07

Незаконная рубка — основной источник ущерба в 2020–2024 годах (от 60% до 95%). В 2022 году значительную долю ущерба составило загрязнение (почти 40%). В 2025 году структура кардинально меняется. Самовольное использование становится главной статьёй ущерба (44,9%), незаконная рубка снижается до 39,6%, загрязнение — 15,5%.

Сравнив данные по количеству нарушений с причиненным ущербом, можно сделать вывод, что они не коррелирует напрямую. Несколько крупных инцидентов могут нанести больше вреда, чем множество мелких. 2023 год – пиковый по общему ущербу, в основном из-за крупномасштабных незаконных рубок. 2025 год показал смену приоритетов: самовольное использование (например, захват земель, незаконное строительство) впервые стало главной статьёй ущерба, что может указывать на новый тип угроз для леса. Незаконная рубка, хотя и снизилась, остаётся значимой.

Загрязнение — «непредсказуемый» вид нарушения: в 2022 году нанесло колоссальный ущерб при малом количестве случаев, что говорит о катастрофическом характере отдельных свалок.

Проанализировав нарушения лесного законодательства, причинившие вред лесам Калужской области, можно выделить следующие рекомендации:

– сфокусироваться на предотвращении крупных инцидентов (масштабных рубок, катастрофических загрязнений), а не только на количестве мелких нарушений;

– усилить контроль за самовольным использованием лесных земель, особенно в 2025 году выявлена его высокая опасность;

– внедрить оценку потенциального ущерба при планировании контрольно-надзорных мероприятий.

Проведенное исследование показало, что нарушения лесного законодательства в Калужской области носят системный, структурно обусловленный характер. Их рост и специфика являются прямым следствием дисбаланса между резко возросшим антропогенным давлением (особенно рекреационным) и архаичной, недофинансированной, разрозненной системой правового регулирования и государственного контроля, неспособной адекватно обеспечивать принцип многоцелевого и устойчивого использования лесов.

Список литературы

1. Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2024 году // Сайт Министерства природных ресурсов и экологии Калужской области. URL: https://ecology.admoblkaluga.ru/upload/oiv/min-ecology/dok2025/Окончательный%20Доклад%20%20в%202024%20году.%20Правленный-сжатый%20(1).pdf (20.12.2025).

2. Комментарий к Лесному кодексу Российской Федерации (постатейный) / под ред. С.А. Боголюбова. 3-е изд. – М.: Проспект, 2025. – 688 с.

3. Лесной кодекс Российской Федерации : федер. закон от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2025) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – №50. – Ст. 5278.

4. Майоров В.И. Государственный лесной контроль и надзор: административно-правовое регулирование / В.И. Майоров. – Воронеж: ВГУ, 2020. – 184 с.

References

1. Report on the state of natural resources and environmental protection in the Kaluga region in 2024 // Website of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Kaluga Region. URL: https://ecology.admoblkaluga.ru/upload/oiv/min-ecology/dok2025/Окончательный%20Доклад%20%20в%202024%20году.%20Правенный-сжутый%20(1).pdf (20.12.2025).

2. Commentary on the Forest Code of the Russian Federation (article by article) / edited by S.A. Bogolyubov. 3rd ed. – Moscow: Prospect, 2025. – 688 p.

3. Forest Code of the Russian Federation: federal law of 04.12.2006 No. 200-FZ (as amended on 29.12.2025) // Collected Legislation of the Russian Federation. - 2006. - No. 50. - Art. 5278.

4. Mayorov V.I. State forest control and supervision: administrative and legal regulation / V.I. Mayorov. - Voronezh: VSU, 2020. - 184 p.

УДК 630*176

DOI: 10.58168/EnvPr2026_92-98

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОДЛЕСКА ПОД ПОЛОГОМ НАСАЖДЕНИЙ «ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ» В ПРИГОРОДНОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

SPECIES DIVERSITY OF THE UNDERGROWTH UNDER THE CANOPY OF THE «UPLAND OAK FOREST» IN THE SUBURBAN FORESTRY OF THE VORONEZH REGION

Чернышов М.П., доктор с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, г. Воронеж

Chernyshov M.P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Исследования проводились в облиственном состоянии летом 2025 г. на 3-х учетных лентах шириной 5 м и длиной 100 м, заложенных под пологом Воронежской нагорной дубравы, произрастающей на территории Правобережного участкового лесничества Пригородного лесничества. С 2014 года она относится к региональным памятникам природы, а по происхождению – к порослевым насаждениям многократной генерации. Подлесок в дубравах является важным лесоводственно-экологическим элементом их структуры. Наличие, встречаемость, густота, породная и возрастная структура подлеска, текущие параметры его морфометрических показателей, разнообразие, жизнеспособность и санитарное состояние зависят от многих факторов окружающей среды (происхождение, возраст, состав и полнота материнского насаждения, тип лесорастительных условий, режим ведения хозяйства и др.). Установлено текущее видовое разнообразие подлеска. Показаны тенденции, раскрывающие процессы появления, развития и формирования видового разнообразия подлеска в разных типах лесорастительных условий под пологом нагорной дубравы. Установлено, что подлесок в «Нагорной дубравы» развивается динамично и циклично. При этом решающую роль играет характер семяношения материнских особей, продуктивность, густота живого напочвенного покрова, урожай семян, качество и характер их распространение.

Ключевые слова: Дубравы, подлесок, видовое разнообразие, встречаемость, густота, возраст.

Abstract. The research was carried out in leafy condition in the summer of 2025 on 3 accounting tapes with a width of 5 m and a length of 100 m, laid under the canopy of the Voronezh Upland oak forest growing on the territory of the Right-Bank district forestry of the Prigorodny Forestry district. Since 2014, it has been classified as a regional natural monument, and by origin it is a multi–generation vegetation plantation. The undergrowth in oak forests is an important forestry and ecological element of their structure. The presence, occurrence, density, breed and age structure of the undergrowth, the current parameters of its morphometric indicators, diversity, viability and sanitary condition depend on many environmental factors (origin, age, composition and completeness of the mother plantation, type of forest conditions, farming regime, etc.). The current species diversity of the undergrowth has been established. The trends revealing the processes of emergence, development and formation of the species diversity of the understory in different types of forest conditions under the canopy of the upland oak forest are shown. It is established that the undergrowth in the "Upland oak forests" develops dynamically and cyclically. In this case, the decisive role is played by the nature of seed production of maternal individuals, productivity, density of living ground cover, seed yield, quality and nature of their distribution.

© Чернышов М. П., 2026

Keywords: Oak forests, undergrowth, species diversity, occurrence, density, age.

Введение. Разнообразие подлеска и динамика его состава под пологом дубрав, сформированных ранней и поздней феноформами дуба черешчатого (Quercus robur L.), изучены не достаточно [1]. Подлесок, растущий в жестких условиях конкуренции с основными древесными лесообразующими породами, выполняет как неотъемлемый структурный элемент дубовых лесов важную средообразующую, почвозащитную и ландшафтную роль. Лесоводственная и экологическая эффективность выполнения подлеском прижизненных функций зависит от многих средообразующих факторов (возраст, форма, строение, полнота и породный состав материнского насаждения, лесорастительные условия лесного участка и др.). Биологическое разнообразие лесных экосистем, в том числе и подлеска, является одним из важнейших критериев устойчивого управления лесами.

Цель исследования – изучить видовое и биологическое разнообразие кустарниковых пород в составе подлеска под пологом «Воронежской нагорной дубравы», отнесенной к региональным особо охраняемым территориям.

Материал и методы исследования. Изучение видового разнообразия подлеска осуществляли на учетных лентах согласно действующим лесоводственным методикам [2], Лесоустроительной инструкции [3] и с учетом текущей распространенности групп типов леса. Размещение учетных лент в квартале №47 представлено на рисунке 1.

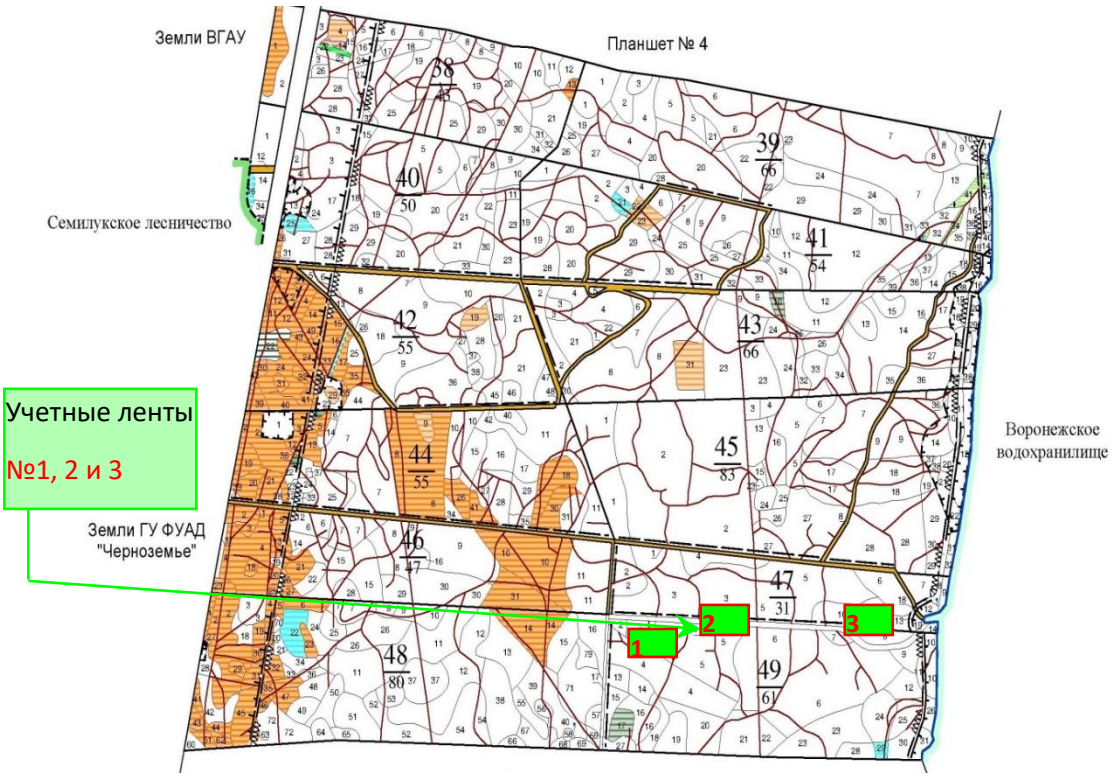


Рисунок 1 – Схема закладки учетных лент (УЛ) при обследовании подлеска под пологом дубовых насаждений в квартале №47 Правобережного участкового лесничества Пригородного лесничества Воронежской области

На каждой отграниченной учетной ленте производился сплошной перечет подлеска с распределением встречающихся растений по породам, их состоянию и группам высоты (высокий, средний и низкий). При этом отмечался характер их распределения по площади лесного участка (равномерное, неравномерное, куртинное, групповое) и степень густоты (густой, средний и редкий). При сплошном перечете подлеска проводилась фотофиксация его роста, густоты и размещения.

Результаты исследования и их обсуждение. При обзоре литературы установлено, что вопросам биологического разнообразия подлеска под пологом дубовых лесов региона, представленного преимущественно теневыносливыми видами кустарников, посвящено мало научных работ [7].

Сначала кратко об используемой терминологии. В ГОСТе 18486-87 «Лесоводство. Термины и определения» [5] дано следующее определение термина подлесок. «***Подлесок*** – кустарники, реже деревья, произрастающие под пологом леса и неспособные образовать древостой в конкретных условиях местопроизрастания».

Ключевой термин «разнообразие» в этом ГОСТе [5] не приводится, а в работе А.С. Алексеева, С. Келломяки, А.В. Любимова и др. [6] под ним понимается разнообразие экосистем на нескольких пространственно-территориальных уровнях, а именно: ***альфа-разнообразие,*** которое относится к разнообразию внутри сообщества или местообитания; ***бета-разнообразие***, относящееся к таксонам одного ранга (к ассоциациям, типам леса), и ***гамма-разнообразие***, относящееся к обширным регионам или континентам.

Подлесок, встречающийся на учетных лентах, произрастает на них как одиночными растениями, так и кустами с разным количеством стволиков в них. Густоту подлеска оценивали согласно требованиям «Лесоустроительной инструкции» [3]: густой – более 5 тыс. кустов на 1 га, средний – 2-5 и редкий – до 2 тыс. кустов на 1 га.

Согласно Лесохозяйственному регламенту Пригородного лесничества [4] преобладающими группами типов леса в нем являются: свежая осоко-снытьевая дубрава (39%), суборь травяная с дубом (25%), бор-травянистный (15%), снытьево-осоковая дубрава (1 %). На долю остальных типов леса приходится 8%.

На всех 3-х учетных лентах экземпляры видов подлеска располагаются преимущественно случайно, о чем свидетельствуют различия в его хаотичном размещении, возрасте и высоте, а также сложившееся биологическое разнообразие и коэффициенты встречаемости. Полевые учетно-измерительные материалы, собранные для оценки текущего биоразнообразия подлеска на учетных лентах под пологом дубовых насаждений, были обобщены по группам типов леса, систематизированы и сведены в общий список с распределением растений по их ботаническим семействам, родам и видам (таблица 1).

Таблица 1 – Видовой состав кустарниковых растений, встречающихся в подлеске под пологом дубовых насаждений Пригородного лесничества

Семейство	Род	Вид	Название вида	Состояние, балл	Высота, м	Густота, до тыс. шт. /га
Анакардиевые	Скумпия	С. кожевенная	Cotinus coggygria Sc.	I-III	до 1,3	0,15
Бересклетовые	Бересклет	Б. бородавчатый	Euonymus verrucosa Sc.	I-II	до 1,0	0,16
	Бересклет	Б. обыкновенный	Euonymus europaea L.	I-II	до 1,0	0,20
Бобовые	Аморфа	А. кустарниковая	Amorpha fruticosa L	I-III	до 0,8	0,12
	Карагана	Акация желтая	Caragana arborescens Lam.	I-III	до 1,3	0,08
Жимолостные	Бузина	Б. черная	Sambucus nicra L.	I-II	до 0,9	0,05
	Жимолость	Ж. татарская	Lonicera tatarica L.	I-II	до 0,8	0,07
		Ж. обыкновенная	Lonicera xylosteum L.	I-II	до 0,6	0,06
	Калина	К. обыкновенная	Vibirnum opulus l.	I-III	до 1,4	0,15
Ивовые	Ива	И. козья (ракита)	Salix caprea L.	I-III	до 1,5	0,12
		И. серая	Salix cinerea L.	I	до 1,3	0,10
Ильмовые	Ильм	Вяз мелколистный	Ulmus pumila L.	II	до 0,4	0,24
Кизиловые	Свидина	С. белая	Swida alba L.	I	до 0,6	0,31
Крушиновые	Крушина	Жостер слабительный	Frangula alnus Mill.	I-II	до 0,9	0,09
Лещиновые	Лещина	Л. обыкновенная	Corilus avellana L.	II	до 1,5	1,26
Лоховые	Облепиха	О. крушиновая	Hippophae ramnoides L.	I-II	до 0,5	0,03
Розоцветные	Боярышник	Б. обыкновенный	Crataegus oxycantha L.	I-III	до 1,2	0,07
	Малина	М. обыкновенная	Rubus idaeus L.	I-II	до 0,5	0,21
	Роза	Р. собачья	Rosa canina L.	I-II	до 1,1	0,09
	Рябина	Р. обыкновенная	Sorbus aucuparia L.	I-III	до 0,9	0,15
	Алыча	А., слива расто-пыренная	Prunus divaricata L.	I-II	до 1,0	0,04
	Ежевика	Е. сизая	Rubus caesius L.	I	до 0,6	0,18
	Слива	С. колючая, терн	Prunus spinosa L.	II	до 1,0	0,07
	Черемуха	Ч. обыкновенная	Padus avium Mill.	I	до 1,2	0,15
Кленовые	Клен	К. полевой	Acer campestre L.	I-II	до 0,5	0,12
		К. татарский	Acer tataricum L.	I-II	до 0,4	1,10

Подлесок из-за хаотичного расположения в границах учетных лент не образует сплошного сомкнутого полога (яруса), что, в свою очередь, способствует появлению редкого подроста дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, клена остролистного, липы мелколистной и дикоплодовых (яблоня, груша) разного возраста в зависимости от обильности плодоношения взрослых особей. По сравнению со светолюбивыми видами кустарников большей жизнеспособностью характеризуются теневыносливые, способные существовать под пологом дубрав 10-15 и более лет. Среди разных видов кустарников в составе подлеска под пологом старовозрастных порослевых дубрав встречаются в разных долях особи как семенного, так и вегетативного происхождения. Причем какой-либо четкой закономерности в их распределении по площади обследованных учетных лент не было установлено.

Видовой состав подлеска под пологом насаждений «Воронежской нагорной дубравы» отражает как биоклиматические условия его произрастания в целом, так и степень антропогенной деградации материнских насаждений разного породного состава и территории лесных участков внутри кварталов. При сплошном перечете подлеска визуально было отмечено, что на отдельных участках учетных лент разная по интенсивности рекреация оказывает негативное влияние (уплотнение почвы, слом вершин и веток в кронах растений).

Выводы. Кустарники, встречающиеся в разных пропорциях по количеству кустов в составе подлеска под пологом «Воронежской нагорной дубравы», представлены 12 семействами, 23 родами и 26 таксономическими видами, что свидетельствует о достаточно богатом и стабильном их биологическом разнообразии.

Сложившееся показатели роста учтенных растений в высоту и по диаметру в составе подлеска насаждений «Воронежской нагорной дубравы», а также текущее биологическое разнообразие встречающихся видов растений и их размещение сформировались под воздействием многих факторов (условия произрастания, прямое и косвенное антропогенное воздействие, влияние сомкнутости и ярусности материнского полога смешанных по составу дубовых насаждений порослевого происхождения, внутри- и межвидовая конкуренция растений в составе подлеска в условиях меняющегося климата и др.).

Среди разных видов кустарников в составе подлеска под пологом смешанных по составу дубовых насаждений многократной генерации встречаются в разных долях растения семенного и вегетативного происхождения. По сравнению со светолюбивыми видами более жизнеспособны теневыносливые виды кустарников, способные существовать под пологом дубрав 10 и более лет. Какой-либо четкой зависимости видового разнообразия подлеска от состава материнского насаждения не установлено.

В урожайные годы дуба черешчатого в дубравах Пригородного лесничества рекомендуем осуществлять меры содействия его естественному семенному возобновлению, в том числе путем минерализации поверхности почвы средствами малой механизации, а также путем посадки «на пень» сильно разросшихся кустарников в составе густого подлеска с помощью кустореза.

Во избежание негативной конкуренции между появляющимися всходами и подростом дуба с имеющимся под пологом дубрав подлеском разной густоты и высоты следует проводить классические меры содействия естественному возобновлению главных и хозяйственно ценных древесных пород (дуб, ясень, клен, липа и дикоплодовые), в том числе огораживание лесных участков с применением различных аттрактантов, отпугивающих мышевидных грызунов (повреждающих прорастающие желуди, а также появляющиеся и неокрепшие всходы дуба черешчатого).

Список литературы

1. Чернышов, М.П. Разнообразие дубовых насаждений Центрального Черноземья и их лесоводственно-хозяйственная классификация. / М.П. Чернышов /. Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы. // Мат-лы Международн. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства и 95-летию ВГЛТУ. Воронеж, 2025. -С. 130-136.

2. Лозовой, А.Д. Методика и техника работ на пробных площадях. /А.Д. Лозовой, Н.В. Гладышева /. – Воронеж,1991. -71 с.

3. Приказ Минприроды России. Об утверждении Лесоустроительной инструкции (от 05 августа 2022 г. № 510).– URL : http://www.rosleshoz.ru (дата обращения: 15.04.2026).

4. Приказ Управления лесного хозяйства Воронежской области. Об утверждении Лесохозяйственного регламента Пригородного лесничества Воронежской области (от 17 сентября 2018 г. № 1035).– URL : http://ulh.gov.vrn.ru (дата обращения: 15.04.2026).

5. ГОСТ 18486-87 «Лесоводство. Термины и определения». –М., Изд-во стандартов, 1988. -18 с.

6. Алексеев, А.С. Устойчивое управление лесным хозяйством: Научные основы и концепции. Учебное пособие. / А.С. Алексеев, С. Келломяки, А.В. Любимов и др. /. Под общей ред. Селиховкина А.В. -СПб ГЛТА, 1998. -222 с.

7. Рыжков, О. В. Состояние и развитие дубрав Центральной лесостепи. /О. В. Рыжков /. – Тула: Наука, 2001. -182 с.

References

1. Chernyshov, M.P. The diversity of oak plantations in the Central Chernozem region and their forestry classification. / M.P. Chernyshov /. Forest ecosystems in a changing climate: problems and prospects. // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of the Department of Forestry, Forest Taxation and Forest Management and the 95th anniversary of VGLTU. Voronezh, 2025. -pp. 130-136.

2. Lozovoy, A.D. Methods and techniques of work on trial areas. /A.D. Lozovoy, N.V. Gladysheva /. – Voronezh, 1991. -71 p.

3. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. On approval of the Forest Management Instructions (dated August 5, 2022, No. 510). Available at: http://www.rosleshoz.ru (accessed on April 15, 2026).

4. Order of the Forestry Department of the Voronezh Region. On approval of the Forestry Regulations of the Prigorodnoye Forestry of the Voronezh Region (dated September 17, 2018, No. 1035). Available at: http://ulh.gov.vrn.ru (accessed on April 15, 2026).

5. GOST 18486-87 "Forestry. Terms and definitions." –M., Publishing House of standards, 1988. -18 s.

6. Alekseev, A.S. Sustainable forestry management: Scientific foundations and concepts. Textbook. / A.S. Alekseev, S. Kellomyaki, A.V. Lyubimov and others /. Under general editorship. Selikhovkina A.V. -SPb GLTA, 1998. -222 p.

7. Ryzhkov, O. V. The state and development of oak forests in the Central forest-steppe. /O. V. Ryzhkov /. – Tula: Nauka, 2001. -182 p.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ

УДК 614.7

DOI: 10.58168/EnvPr2026_99-106

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ЗДОРОВОГО НАСЕЛЕНИЯ Г. ВОРОНЕЖА

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE FORMATION OF A HEALTHY POPULATION IN VORONEZH

Антонович М.В., магистр медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Саввина Д.Н., магистр медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Горбунова Ю.С., к.б.н., доцент кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Antonovich M.V., Master's student at the Faculty of Biomedical Sciences, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Savvina D.N., Master of Medical and Biological Sciences, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Gorbunova J.S., PhD, Associate Professor of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Аннотация. Для выявления роли экологических индикаторов устойчивого развития в формировании здорового населения г. Воронежа необходимо в первую очередь проанализировать состояние атмосферного воздуха на основе гравиметрических измерений запылённости в учебных аудиториях ВГУ и ежедневного мониторинга данных с международных платформ IQAir и AccuWeather за нечетный семестр 2024-2025 гг. Установлено, что разовые концентрации пыли не превышают ПДК (0,5 мг/м³), однако в периоды активной работы превышается среднесуточная норма (0,15 мг/м³). Проведена математическая обработка полученных данных с оценкой логнормального распределения. Установлено, что распределение концентраций пыли подчиняется логнормальному закону с наличием «тяжёлого хвоста», что подтверждается резким скачком концентраций в ноябре и большим геометрическим стандартным отклонением. Это указывает на высокую вариабельность запылённости и необходимость учитывать не только средние, но и пиковые значения при оценке риска.

Выявлен сезонный рост загрязнения (PM2.5, NO_2) с началом отопительного сезона, формирование вечерних пиков загрязнения. Показана взаимодополняемость локальных инструментальных замеров и данных онлайн-платформ для комплексной оценки экологической ситуации. Сравнение собственных данных с результатами онлайн-мониторинга показало, что внутренняя запылённость помещений не коррелирует напрямую с фоновым загрязнением города.

Abstract. To identify the role of environmental indicators for sustainable development in creating a healthy population in Voronezh, it is first necessary to analyze the state of the atmospheric air based on gravimetric

© Антонович М. В., Саввина Д. Н., Горбунова Ю. С., 2026

measurements of dust in VSU classrooms and daily monitoring of data from the international platforms IQAir and AccuWeather for the odd semester of 2024-2025. It was established that one-time dust concentrations do not exceed the MAC (0.5 mg/m³), however, during periods of active work, the average daily norm (0.15 mg/m³) is exceeded. The obtained data were mathematically processed, evaluating the lognormal distribution. It was found that the dust concentration distribution follows a lognormal law with a "heavy tail," as evidenced by the sharp spike in concentrations in November and the large geometric standard deviation. This indicates high variability in dust levels and the need to consider not only average values but also peak values when assessing risk.

A seasonal increase in air pollution (PM2.5, NO_2) was identified with the onset of the heating season, with evening pollution peaks forming. The complementarity of local instrumental measurements and online platform data for a comprehensive environmental assessment was demonstrated. A comparison of our own data with the results of online monitoring showed that indoor dustiness does not directly correlate with background pollution in the city.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, взвешенные частицы PM2.5 и PM10, гравиметрический метод, онлайн-мониторинг, экологическая безопасность.

Keywords: ambient air quality, suspended particles PM2.5 and PM10, gravimetric method, online monitoring, environmental safety.

Введение. Качество атмосферного воздуха является критическим фактором экологического благополучия крупных городов. Для Воронежа – промышленного и транспортного центра Черноземья – мониторинг загрязнения, особенно взвешенными частицами (PM2.5, PM10), служит основой оценки рисков для здоровья населения и разработки природоохранных стратегий [5]. Актуальность исследования обусловлена тем, что взвешенные частицы являются одним из наиболее опасных факторов загрязнения атмосферного воздуха, оказывая комплексное негативное влияние на здоровье населения. Их концентрации в городском воздухе имеют ярко выраженную сезонную и суточную динамику, что требует детального мониторинга для своевременного информирования граждан и принятия управленческих решений.

Цель исследования – оценить качество атмосферного воздуха в г. Воронеже на основе собственных измерений в ВГУ и данных международных платформ мониторинга.

Задачи:

1. Организовать ежедневный мониторинг параметров (PM2.5, PM10, NO_2, O_3,) через платформы IQAir и AccuWeather [6, 8].
2. Провести расчёты концентраций пыли и сравнить результаты с ПДК.
3. Сопоставить собственные данные с онлайн-мониторингом.
4. Провести математическую обработку полученных данных.
5. Оценить логнормальное распределение полученных результатов.

Объекты исследования:

Воздух внутри учебных аудиторий ВГУ (№ 470 – учебная лаборатория по аналитическому контролю; № 454 – Учебная лаборатория физических и физико-химических методов анализа).

Качество атмосферного воздуха г. Воронежа (данные онлайн-платформ).

Методы исследования:

1. *Гравиметрический метод отбора проб пыли* (аспиратор АПВ-4-220В-40, фильтры АФА-ВП-20, расход 20 л/мин, время отбора 30 мин, объём 0,6 м³). Концентрация пыли C (мг/м³) рассчитывалась по формуле:

$$C = ((m_2 - m_1) \cdot 1000)/V_0\,,$$

где m_1 и m_2 – масса фильтра до и после отбора (мг), V_0 – объём воздуха, приведённый к нормальным условиям (м³) [1].

2. *Метод сбора вторичных данных* – ежедневная фиксация показаний IQAir и AccuWeather (период 01.09.2024 – 31.12.2025, дневное и вечернее время) [6, 8].

3. *Сравнительный и нормативный анализ* – сопоставление с ПДК (ГН 2.1.6.1338-03) и шкалой AQI [2, 7].

Результаты исследования и их анализ

Гравиметрическая оценка запылённости в помещениях ВГУ показывает, что наибольшая запыленность воздуха наблюдается в ноябре и составляет 0,25 мг/м³ в среднем, а наименьшая в декабре – 0,03 мг/м³ (табл. 1). Все полученные значения находятся в пределах гигиенических нормативов для атмосферного воздуха населенных мест ($ПДК_{сс}$ = 0,15 мг/м³, $ПДК_{мр}$ = 0,5 мг/м³), за исключением разовых показателей в ноябре, которые превышают среднесуточную норму.

В таблице 1 приведены средние значения измерений, полученные за нечетные семестры 2024-2025 гг. исследования с указанием различной активности во время отбора проб воздуха. Расчёт концентрации (С, мг/м³) выполнен по формуле после приведения объёма к нормальным условиям. Данные получены в период со 02.09.2024 по 30.12.2025 в учебных лабораториях кафедры экологии и земельных ресурсов медико-биологического факультета ВГУ.

Таблица 1 – Результаты гравиметрического определения запылённости воздуха в учебных аудиториях ВГУ (усредненные значения за нечетный семестр 2024-2025 гг.)

Месяц	активность	m_1, мг	m_2, мг	М, мг	V_0, м³	С, мг/м³	Превышение ПДК
сентябрь	0	104,5±1,9	104,8±1,8	0,3	5,5	0,05	нет

	2	104,5±1,8	104,9±1,9	0,4	5,5	0,07	нет
октябрь	0	104,6±1,6	104,9±1,7	0,3	5,5	0,05	нет
	0	104,6±1,7	105,0±1,7	0,4	5,5	0,07	нет
ноябрь	10	99,5±1,7	100,6±1,8	1,1	5,5	0,20	да (среднесут.)
	3	109,2±1,9	110,7±1,6	1,5	5,5	0,30	да (среднесут.)
декабрь	0	104,7±1,5	104,8±1,5	0,1	5,5	0,01	нет
	0	104,7±1,5	105,0±1,4	0,3	5,5	0,05	нет

В ноябре, когда активность составляла максимальные значения равные 10 и 3 единицам, масса пыли на фильтре увеличилась до 1,1-1,5 мг. В остальные месяцы активность преимущественно отсутствовала, что коррелирует с минимальным накоплением массы на фильтре 0,1-0,4 мг (табл. 1). Это указывает на то, что рост запыленности в ноябре обусловлен активным отопительным периодом и специфической деятельностью в местах замера. Самый чистый воздух зафиксирован в декабре, что связано с выпадением снега, который «прибивает» пыль к земле и препятствует ее вторичному взметыванию. Из таблицы 1 видно, что разовая ПДК (0,5 мг/м³) не превышена ни в одной точке отбора. Однако среднесуточная ПДК (0,15 мг/м³) превышена в аудиториях в ноябре при различной активности (0,20-0,30 мг/м³) и отмечено единичное превышение 18 декабря (0,30 мг/м³), что в среднем арифметическом выражении не дает превышения (табл. 1). Наибольшие концентрации зафиксированы в периоды интенсивной лабораторной работы с большим количеством людей (до 10 человек) и активными перемещениями. В пустых аудиториях концентрация пыли минимальна (0,01-0,09 мг/м³). Проветривание снижает уровень запылённости, но не всегда достаточно (13.11 при открытой форточке зафиксировано 0,20 мг/м³) (рис. 1).

В сентябре, октябре и декабре уровень запыленности низкий и не превышает даже строгую среднесуточную норму. Однако в ноябре зафиксирован резкий рост (до 0,30 мг/м³), что превышает ПДК в 1,7 раза, хотя и ниже ПДК (рис. 1) [2].

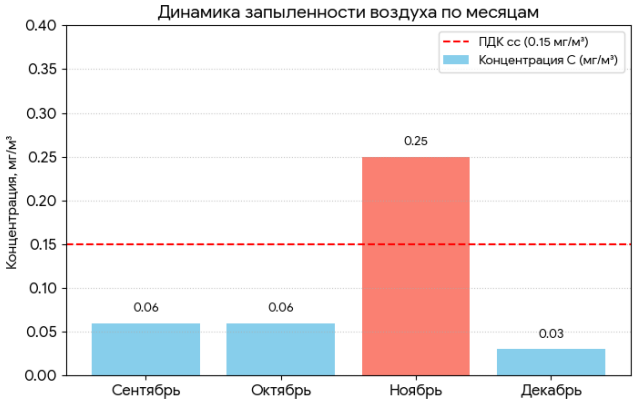


Рис. 1. Средняя динамика запыленности воздуха за нечетные семестры 2024-2025 гг, мг/м³

Аудитория 470 оказалась более запылённой, чем 454, что связано с характером работ (аналитический контроль, взвешивания сыпучих веществ) [2].

Для анализа характера распределения концентраций пыли были вычислены параметры логнормального распределения. Натуральный логарифм каждого значения, затем их среднее арифметическое:

$$\mu_{in} = \frac{1}{n}\sum in(C_i) \approx -2{,}746$$

Геометрическое среднее (GM) – наиболее вероятное значение (медиана) для логнормального распределения:

$$GM = e^{\mu_{in}} \approx 0{,}64 \text{мг/мг}^3$$

Стандартное отклонение логарифмов (σ_{in}) характеризует разброс данных в логарифмическом масштабе:

$$GSD = e^{\sigma_{in}} \approx 2{,}40$$

Геометрическое стандартное отклонение (GSD) показывает, во сколько раз значения отклоняются от среднего:

$$\sigma_{in} = \sqrt{\frac{\Sigma(In(C_i) - \mu_{in})^2}{n-1}} \approx 0{,}875$$

Расчёты показали, что распределение концентраций пыли имеет выраженный логнормальный характер, что подтверждается резким скачком концентрации 0,2-0,3 мг/м³ при активности равной 10. Это формирует «тяжелый хвост» распределения, который сильно влияет на стандартное отклонение (рис. 2).

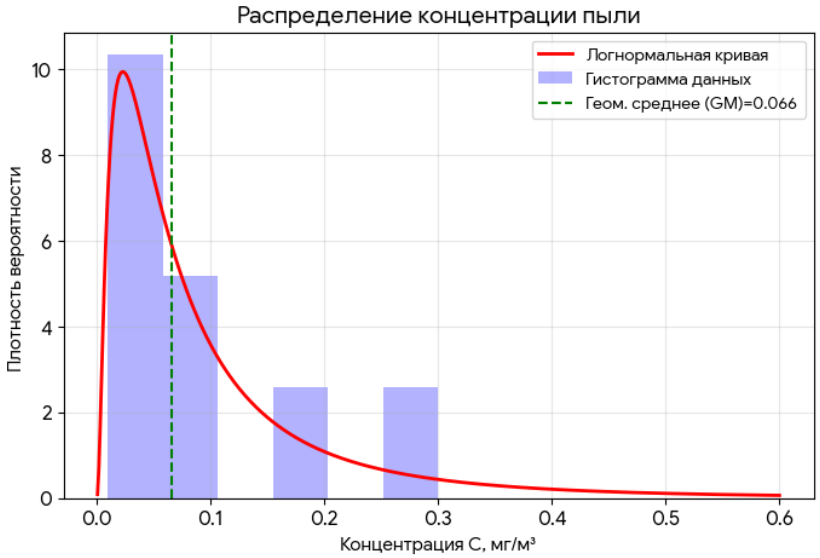


Рис. 2. Среднегодовое распределение концентрации пыли за нечетные семестры 2024-2025 гг в аудиториях ВГУ, мг/м³

Анализ данных IQAir и AccuWeather показал чёткий сезонный тренд: наиболее чистым был сентябрь (AQI PM2.5 в среднем 22-64), пик загрязнения пришёлся на ноябрь (AQI PM2.5 до 108, категория «Нездоровый»), декабрь оставался напряжённым (вечерние AQI PM2.5 до 102) [7].

Ключевые закономерности [7]:

PM2.5 – максимальные значения достигнуты 2 и 12 ноября 2025 г. (AQI 107 и 108 соответственно), что соответствует категории «Нездоровый» (концентрация 55,5-125,4 мкг/м³). В декабре сформировался устойчивый вечерний пик: 3 декабря вечерний AQI PM2.5 составил 102 (при дневном 47), 10 декабря – 98 (при дневном 29). Такое превышение вечерних значений над дневными в 2-3 раза указывает на накопление загрязнителей в приземном слое атмосферы в результате вечернего усиления выбросов (автотранспорт, индивидуальное отопление) и штилевых условий (рис.3).

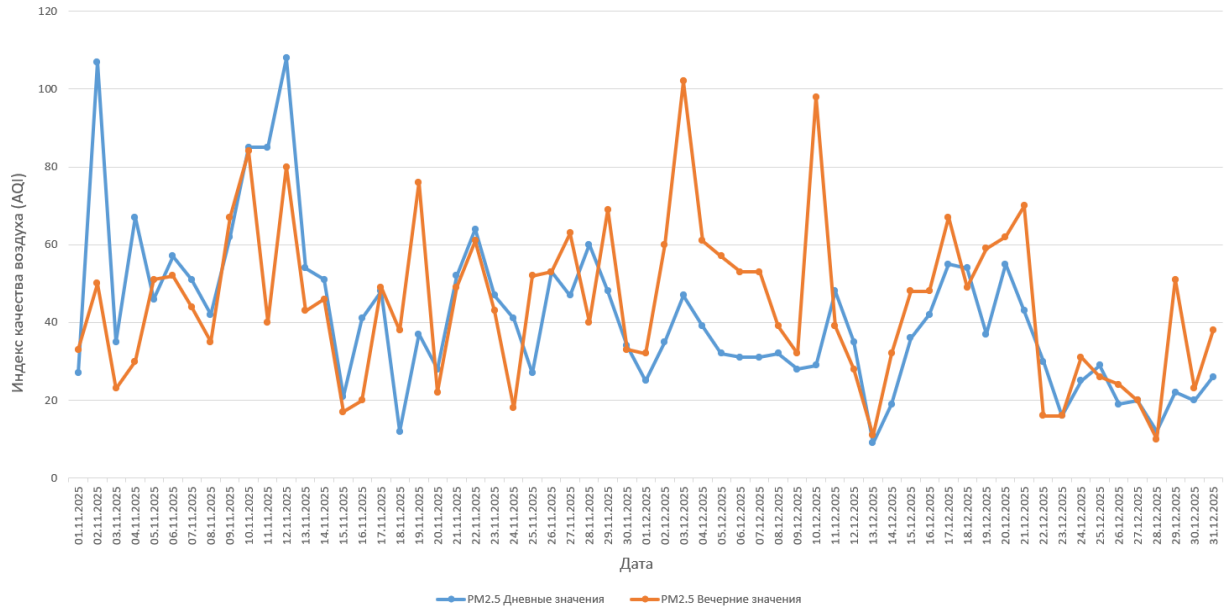


Рис. 3. Динамика AQI PM2.5 в г. Воронеже в ноябре-декабре 2025 г.

NO_2 – динамика данного показателя синхронна с PM2.5, но с более выраженным вечерним максимумом. В ноябре-декабре вечерние значения AQI NO_2 достигали 55-59 (категория «Умеренный»), что прямо указывает на доминирующий вклад автотранспорта – в вечерние часы интенсивность движения возрастает, а рассеивание выхлопных газов затруднено [3].

O_3 – оставался минимальным (<15 AQI), что типично для зимнего смога антропогенного происхождения.

Суточный ход: в сентябре-октябре разница день/вечер отсутствовала; в ноябре-декабре вечерние концентрации PM2.5 и NO_2 систематически превышали дневные. Сравнение внутренней и внешней запылённости показывает, что внутренняя запылённость

определялась в первую очередь внутренними факторами (активность людей, вентиляция), а не городским загрязнением [4]. Так, в ноябре, когда внешний фон был максимальным, в аудитории 470 после окончания работ при закрытых окнах концентрация пыли достигала 0,30 мг/м³. При этом в декабре при снижении внешнего загрязнения внутренние значения также снижались, но отдельные пики (0,30 мг/м³) сохранялись.

Выводы. На основе гравиметрических замеров выполнены расчёты массы пыли на каждом фильтре и приведение объёма к нормальным условиям, после чего определены разовые концентрации пыли для всех проб. Установлено, что ни в одном случае разовая предельно допустимая концентрация (0,5 мг/м³) не была превышена. Однако в аудитории 470 13 и 27 ноября, а также в аудитории 454 18 декабря концентрация пыли достигала 0,20-0,30 мг/м³, что превышает среднесуточную ПДК (0,15 мг/м³) в 1,3-2 раза. Максимальная запылённость (0,30 мг/м³) зафиксирована при интенсивной работе 8-10 человек, минимальная (0,01 мг/м³) – в пустых аудиториях.

Проведена математическая обработка полученных данных с оценкой логнормального распределения. Установлено, что распределение концентраций пыли подчиняется логнормальному закону с наличием «тяжёлого хвоста», что подтверждается резким скачком концентраций в ноябре и большим геометрическим стандартным отклонением. Это указывает на высокую вариабельность запылённости и необходимость учитывать не только средние, но и пиковые значения при оценке риска.

Сравнение собственных данных с результатами онлайн-мониторинга показало, что внутренняя запылённость помещений не коррелирует напрямую с фоновым загрязнением города. В ноябре, когда внешний AQI PM2.5 достигал 108 (категория «Нездоровый»), концентрация пыли в аудитории 470 при закрытых окнах составляла 0,30 мг/м³. В декабре, при снижении внешнего загрязнения до AQI 29-55 («Умеренный»), внутренние пики сохранялись на том же уровне (0,30 мг/м³) из-за внутренних источников – активности людей и работы с оборудованием. Следовательно, для реальной оценки воздействия на человека необходимо сочетать оба подхода: онлайн-данные дают представление об общем фоне и сезонных трендах, а локальные замеры – истинную экспозицию внутри помещений, где люди проводят большую часть времени. Таким образом, два подхода взаимодополняют друг друга: лабораторные замеры дают точную локальную картину, а онлайн-данные – общий фон и сезонные тренды.

Список литературы

1. Божко С. Н. Аналитический контроль окружающей среды. Часть II. Воздух: учеб.-метод. пособие / С. Н. Божко, Л. А. Алаева, А. В. Белик. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2021. – 37 с.

2. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

3. Игнатьева Л. П. Гигиена атмосферного воздуха: учеб. пособие / Л. П. Игнатьева, М. В. Чирцова, М. О. Потапова. – Иркутск: ИГМУ, 2015. – 79 с.

4. Индикаторы устойчивого развития Воронежской области / под ред. В. Н. Эйтингона. – Воронеж, 2003. – 28 с.

5. Яндыганов Я. Я. Экология: учебник для вузов. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2000. – 544 с.

6. AccuWeather. – URL: https://www.accuweather.com/ (дата обращения: 25.03.2026).

7. Air Quality Index (AQI): Шкала индекса качества воздуха. – URL: https://airquality.am/ru/air-pollution/aqi (дата обращения: 25.03.2026).

8. IQAir. – URL: https://www.iqair.com/ru/ (дата обращения: 25.03.2026).

References

1. Bozhko S. N. Analytical environmental control. Part II. Air: training-method. manual/S. N. Bozhko, L. A. Alaeva, A. V. Belik. - Voronezh: Publishing House of Voronezh State University, 2021. - 37 s.

2. GN 2.1.6.1338-03 "Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas."

3. Ignatieva L.P. Atmospheric air hygiene: study. manual/L.P. Ignatieva, M.V. Chirtsova, M.O. Potapova. - Irkutsk: IGMU, 2015. - 79 s.

4. Indicators of sustainable development of the Voronezh region/ed. V.N. Eitingon. - Voronezh, 2003. - 28 s.

5. Yandyganov Ya. Ya. Ecology: a textbook for universities. - Yekaterinburg: USUE, 2000. - 544 p.

6. AccuWeather. – URL: https://www.accuweather.com/ (date of access: March 25, 2026).

7. Air Quality Index (AQI): Air Quality Index Scale. – URL: https://airquality.am/ru/air-pollution/aqi (date of access: March 25, 2026).

8. IQAir. – URL: https://www.iqair.com/ru/ (date of access: March 25, 2026).

УДК 504.054

DOI: 10.58168/EnvPr2026_107-111

ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ

POSSIBLE METHODS FOR DETERMINING SOIL PHYTOTOXICITY USING BIOINDICATION METHODS

Бабунцова К.Д., студентка 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Моисеева Е.В., к.б.н., доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Babuntsova K.D., 3rd-year student of the Forestry Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Moiseeva E.V., PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Ecology, Forest Protection and Game Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ трех методов биоиндикации фитотоксичности почв: метода проростков, метода почвенных пластинок и метода водных вытяжек. Установлено, что метод проростков оптимален для экспресс-диагностики благодаря простоте оборудования и короткому сроку получения результатов (3–7 суток). Метод почвенных пластинок демонстрирует более высокую точность за счет прямого контакта семян с твердой фазой почвы и сорбированными загрязнителями. Использование водных вытяжек признано наименее чувствительным подходом; его применение рекомендуется ограничивать оценкой жидких сред. Выбор тест-объектов (редис, горчица, кресс-салат, овес, подорожник) критически важен, так как видовая специфика определяет вариативность реакции на тяжелые металлы, нефтепродукты и иные поллютанты. На примере урбанизированных территорий выявлена градация фитотоксичности: от 10–20% в рекреационных зонах до ~40% в жилых массивах и 70–100% в промышленных и транспортных узлах. При интерпретации данных необходимо учитывать биогенные факторы (ризосферный эффект, активность микромицетов), способные модулировать проявление токсичности. Для обеспечения надежности интегральной оценки рекомендуется комбинировать как минимум два метода и использовать тест-культуры из разных ботанических семейств.

Abstract. The article analyzes three approaches to bioindication of phytotoxicity of soils: the method of seedlings, the method of soil plates and the method of water extracts. The sprouting method is convenient for quick diagnosis, as it requires a minimum of equipment and gives results in 3-7 days. The soil plate method is more accurate because the seeds are in direct contact with the solid phase of the soil, including sorbed pollutants. Water extracts have shown the least sensitivity and are not recommended for soil assessment, except for liquid media. The choice of test plants (radish, mustard, watercress, oats, plantain) significantly affects the result, since their reaction to heavy metals, petroleum products and other pollutants varies. Using the example of urban soils, it is shown that phytotoxicity

© Бабунцова К. Д., Моисеева Е. В., 2026

is 10-20% in recreational areas, about 40% in residential areas, and 70-100% in industrial and transport areas. The biogenic factor (rhizosphere effect, micromycetes) can both enhance and weaken the manifestations of toxicity, which must be taken into account when interpreting the data. For a reliable integral assessment, several test cultures from different families should be combined and at least two methods should be used.

Ключевые слова: Фитотоксичность почв, биоиндикация, биотестирование, метод проростков, тест-растения, антропогенная нагрузка, почвенные пластинки, ризосферный эффект, городские почвы.

Keywords: Phytotoxicity of soils, bioindication, biotesting, the method of seedlings, test plants, anthropogenic load, soil plates, rhizosphere effect, urban soils.

Почвенный покров выступает ключевым депонирующим компонентом биосферы, аккумулирующим загрязняющие вещества. Кумулятивный эффект приводит к тому, что при длительном и интенсивном поступлении поллютантов их концентрация в верхних горизонтах достигает критических значений. Это провоцирует развитие фитотоксичности – способности почвы подавлять прорастание семян, угнетать рост корневой системы и надземной биомассы высших растений. Данное явление напрямую диктует продуктивность экосистем, урожайность агроценозов и жизнеспособность зеленых насаждений в урбанизированной среде.

Традиционный физико-химический анализ, несмотря на высокую точность определения индивидуальных загрязнителей, имеет принципиальное ограничение: он не учитывает совместное действие компонентов почвенного раствора и твердой фазы. В реальных условиях поллютанты функционируют в виде сложных смесей, проявляя эффекты синергизма или антагонизма. Биоиндикация лишена этого недостатка, поскольку тест-организм реагирует на интегральное токсическое воздействие всей среды, включая как исходные, так и трансформированные формы загрязнителей, без необходимости априорного знания их химического состава.

В практике экспресс-диагностики наиболее распространен метод проростков. Его востребованность обусловлена простотой, низкой себестоимостью и возможностью применения как в полевых, так и в лабораторных условиях. Суть метода заключается в размещении семян тест-культуры на поверхности субстрата или в контакте с ним с последующей оценкой через 3–7 суток. Ключевыми регистрируемыми параметрами выступают энергия прорастания, общая всхожесть, длина главного корня и побега, а также сырая или сухая биомасса. Многочисленные исследования подтверждают, что длина корня является наиболее чувствительным индикатором: корневая система угнетается при концентрациях токсикантов, которые еще не влияют на общую всхожесть. Так, при слабом загрязнении тяжелыми металлами семена могут давать 100% всходов, но формировать укороченные, деформированные корни без боковых ответвлений.

Однако классический метод проростков имеет существенный недостаток: отсутствие прямого и длительного контакта семян с твердой фазой почвы. Это часто приводит к занижению оценки токсичности, особенно в случае слаборастворимых загрязнителей. Яркий пример – исследование почв г. Тобольска с использованием Plantago major и Plantago media, где незначительное подавление роста тест-растений послужило основанием для вывода о низкой антропогенной нагрузке, что могло быть следствием именно методической погрешности.

Для нивелирования этой проблемы был разработан метод почвенных пластинок. Он обеспечивает прямой контакт развивающейся корневой системы с твердой фазой, позволяя токсикантам, сорбированным на почвенных частицах, проявлять свое действие. Методика предполагает увлажнение навески почвы (50 г) до 60% от полной полевой влагоемкости, формирование плотной пластинки в чашке Петри и высев 50 семян. Инкубация при 20–25 °С в течение 3–7 суток с последующей отмывкой и замером проростков дает более релевантную картину.

Именно этот метод позволил выявить тонкие биологические эффекты, недоступные для химического анализа. Например, при изучении ризосферного эффекта на черноземах Воронежской области было установлено, что почва из-под 9-летних плодовых деревьев стимулировала рост проростков горчицы (длина корней превышала контроль в 4,1 раза). В то же время почва из-под 50-летнего сада не проявляла стимулирующих свойств, вероятно, из-за накопления токсичных метаболитов или истощения лабильных органических веществ. Сравнительные данные убедительно доказывают: водные вытяжки часто дают ложноотрицательные результаты. Если при проращивании на вытяжке угнетение отсутствует, прямой посев на почвенную пластинку может выявить выраженный токсический эффект. Поэтому для оценки загрязнения слаборастворимыми соединениями (тяжелые металлы, нефтепродукты, ПАУ) метод почвенных пластинок является предпочтительным.

Метод водных вытяжек, напротив, целесообразно применять лишь для узких задач: оценки миграции поллютантов в грунтовые воды или рисков для гидробионтов. Для оценки именно фитотоксичности он малопригоден, так как основная масса токсикантов в почве находится в сорбированном состоянии и не переходит в водную фазу при стандартном соотношении почва:вода (1:2 или 1:5). Низкая токсичность вытяжки не является гарантом экологической безопасности самого почвенного субстрата.

Критически важным этапом биотестирования является выбор тест-объекта. Чувствительность растений варьирует, и некорректный подбор вида ведет к ошибкам интерпретации: устойчивый вид маскирует загрязнение, а гиперчувствительный дает ложную тревогу на фоновых значениях.

Редис (Raphanus sativus) признан стандартом благодаря быстрому прорастанию (3–4 суток) и четкой, легко измеряемой реакции корневой системы, которая надежно коррелирует с концентрацией поллютантов.

Горчица белая (Sinapis alba) прорастает еще быстрее (2–3 суток), обладает крупными, удобными в работе семенами и высокой неприхотливостью, что делает ее идеальной для полевых экспресс-тестов.

Овес (Avena sativa) и кресс-салат (Lepidium sativum) часто используются в паре для калибровки чувствительности. Исследования в Воронеже показали, что овес демонстрирует более выраженное угнетение корней при техногенном загрязнении, тогда как кресс-салат более выносliв. Угнетение даже такого толерантного вида, как кресс-салат, служит надежным маркером высокого уровня загрязнения.

Подорожник (Plantago spp.) перспективен для долгосрочного мониторинга урбанизированных территорий благодаря своей распространенности и формовому разнообразию, однако медленный рост (10–14 суток) ограничивает его применение в оперативной диагностике.

Оптимальной практикой считается использование батареи тестов из 2–3 видов разных семейств, что позволяет нивелировать видовую специфичность и получить устойчивую интегральную оценку.

Городские почвы, испытывающие комплексное давление (транспортные выбросы, реагенты, переуплотнение), служат репрезентативным полигоном для апробации этих методов. Многолетний мониторинг в Воронеже (2014–2018 гг.) выявил четкую градацию: в промышленных и транзитных зонах фитотоксичность достигала 70–80% (вплоть до 100% в локальных точках), в жилых кварталах – около 40%, тогда как в рекреационных зонах (парки, лесопарки) показатели не превышали 10–20%, соответствуя фоновым значениям.

Особый интерес представляет вертикальное распределение токсичности. Верхние горизонты (до 40 см) зачастую демонстрируют умеренную токсичность, тогда как на глубине 80–100 см фиксируется резкий скачок фитотоксичности, коррелирующий с пиковыми концентрациями Zn, Pb, Cr и Ni. Это свидетельствует о многолетней миграции загрязнителей вглубь профиля, в то время как поверхностный слой частично санируется за счет вымывания, биопоглощения и антропогенного перемешивания.

Наконец, нельзя игнорировать биогенный фактор. Высокая фитотоксичность может быть обусловлена не только техногенными поллютантами, но и активностью почвенных микромицетов, продуцирующих токсины. Использование метода инициированного микробного сообщества (предварительная инкубация почвы во влажных условиях) показало, что в некоторых пробах токсичность после инкубации возрастала в разы при неизменном химическом составе. Метод почвенных пластинок успешно фиксирует этот эффект, так как проростки контактируют с мицелием, в то время как водные вытяжки его «не видят».

Биоиндикация наиболее адекватным инструментом оценки фитотоксичности почв, обеспечивающим учет суммарного и синергетического действия загрязнителей. Среди методик метод почвенных пластинок демонстрирует наивысшую достоверность, особенно на переувлажненных или богатых органикой субстратах, тогда как метод водных вытяжек имеет ограниченную область применения. Для получения объективных результатов необходимо комбинировать тест-культуры с разной чувствительностью и учитывать биогенный фактор, способный как маскировать, так и потенцировать техногенное воздействие.

Список литературы

1. Аверчева О.Н. Биоиндикация и биотестирование окружающей среды: учеб.-метод. пособ / О.Н. Аверчева, Т.В. Сапегина. – Ярославль : ЯрГУ, 2018. – 120 с.

2. Козловская И.Ю. Оценка фитотоксичности почв методом биотестирования / И.Ю. Козловская, Д.А. Апанасевич // Химическая технология и техника. Минск, 2023. – С. 370–372.

3. Попова Е.И. Метод проростков для экспресс-диагностики загрязнения почв / Е.И. Попова. – Наука и образование. 2016. – № 4. – С. 1-6.

4. Цаценко Л.В. Биологическое тестирование почвы: метод. указ / Л.В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 39 с.

5. Назаренко Н.Н. Вклад биогенного фактора в фитотоксическую активность почв города Воронежа / Н.Н. Назаренко, И.Д. Свистова, Л.В. Брындина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. – 2020. – № 2. – С. 45–52.

References

1. Avercheva O. N. Bioindication and biotesting of the environment: a textbook and methodological manual / O. N. Avercheva, T. V. Sapegina. - Yaroslavl: Yaroslavl State University, 2018. - 120 p.

2. Kozlovskaya I. Yu. Assessment of soil phytotoxicity by biotesting / I. Yu. Kozlovskaya, D. A. Apanasevich // Chemical technology and engineering. Minsk, 2023. - Pp. 370-372.

3. Popova E. I. Seedling method for rapid diagnostics of soil pollution / E. I. Popova. - Science and education. 2016. - No. 4. - Pp. 1-6.

4. Tsatsenko L. V. Biological testing of soil: method. manual / L. V. Tsatsenko. – Krasnodar: KubSAU, 2016. – 39 p.

5. Nazarenko N.N. Contribution of the biogenic factor to the phytotoxic activity of soils in the city of Voronezh / N.N. Nazarenko, I.D. Svistova, L.V. Bryndina // Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. – 2020. – No. 2. – P. 45–52.

УДК 630*907

DOI: 10.58168/EnvPr2026_112-117

СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ НА ЭКОТРОПАХ ООПТ

METHODS FOR PREVENTING RECREATIONAL DEGRESSION ON ECOLOGICAL TRAILS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS (SPNAS)

Волошина О.В., аспирант кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова", Воронеж, Россия

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Варгузина М.Г., аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Voloshina O.V., Postgraduate Student of the Department of Ecology, Forest Protection, and Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Varguzina M.G., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Рассмотрены причины деградации почвенно-растительного покрова на экологических тропах особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Проанализированы информационные, биотехнические, инженерные и организационные методы предотвращения рекреационной дегрессии. Показано, что наиболее надёжным решением для уязвимых участков (переувлажнённые почвы, торфяники, пески) являются приподнятые настильные конструкции. Предложен алгоритм выбора метода защиты в зависимости от интенсивности потока и типа субстрата.

Abstract: The causes of degradation of soil and vegetation cover on ecological trails in specially protected natural areas (SPNAs) are considered. Informational, biotechnical, engineering and organizational methods for preventing recreational degression are analyzed. It is shown that elevated deck structures are the most reliable solution for vulnerable areas (waterlogged soils, peatlands, sands). An algorithm for selecting a protection method depending on the flow intensity and substrate type is proposed.

Ключевые слова экологическая тропа, рекреационная дегрессия, вытаптывание, настильные конструкции, ООПТ, мониторинг.

Keywords: ecological trail, recreational degression, trampling, deck structures, protected areas, monitoring.

Введение. Экологический туризм в последние десятилетия развивается высокими темпами, что приводит к увеличению рекреационной нагрузки на особо охраняемые

© Волошина О. В., Яковенко Н. В., Варгузина М. Г., 2026

природные территории. Наиболее уязвимым элементом инфраструктуры становятся экологические тропы – линейные маршруты, по которым ежедневно проходят десятки и сотни посетителей. В результате вытаптывания изменяются физические свойства почвы (плотность, порозность, влагоёмкость), уничтожается напочвенный покров, активизируется эрозия, а прилегающие биогеоценозы переходят в состояние рекреационной дегрессии. Проблема усугубляется тем, что на многих ООПТ отсутствует системный подход к обустройству троп, а используемые методы защиты часто выбираются без учёта локальных условий.

Цель данной работы – систематизировать основные способы предотвращения рекреационной дегрессии на экотропах, оценить их эффективность в разных природных условиях и предложить алгоритм выбора оптимального решения.

Деградация почвенно-растительного покрова вдоль тропы развивается стадийно. На начальном этапе (до 50 проходов) происходит смыкание травяного покрова и незначительное уплотнение подстилки. При увеличении числа проходов до нескольких сотен леточная сеть почвы разрушается, снижается инфильтрационная способность, а на поверхности начинают доминировать виды, устойчивые к вытаптыванию (подорожник, мятлик однолетний). Когда интенсивность превышает 1000 проходов в сезон, происходит полное уничтожение травяного яруса и обнажение минерального горизонта. На последней стадии формируется колея, по которой движутся талые и ливневые воды, углубляя её и превращая в промоину.

Схематично этот процесс можно изобразить следующим образом рис.1).

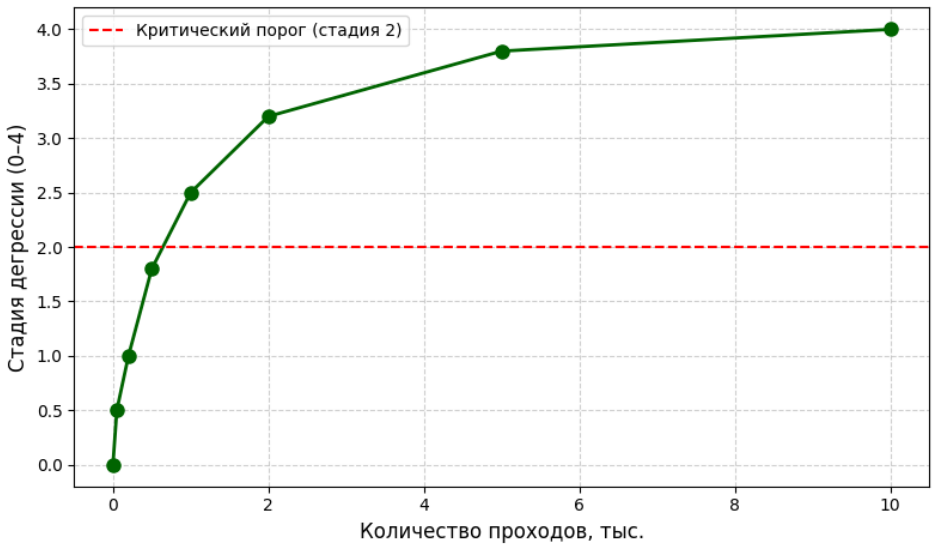


Рис.1. Динамик рекреационной дигрессии при вытаптывании

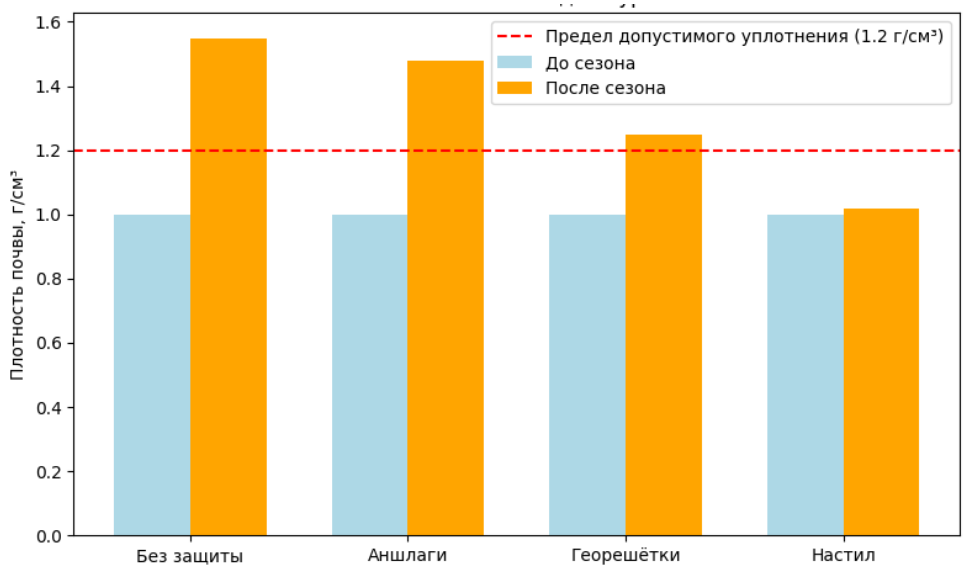


Рис.2. Изменение плотности за один туристический сезон

Из этой последовательности следует, что задача защиты тропы – не допустить перехода от второй стадии к третьей. Практика показывает, что простое ограничение доступа или информационные щиты здесь часто бессильны, особенно на влажных и рыхлых субстратах.

На многих ООПТ первым шагом становится установка аншлагов с призывом не сходить с тропы [1,3]. Типичный аншлаг имеет следующий вид (рис.3).

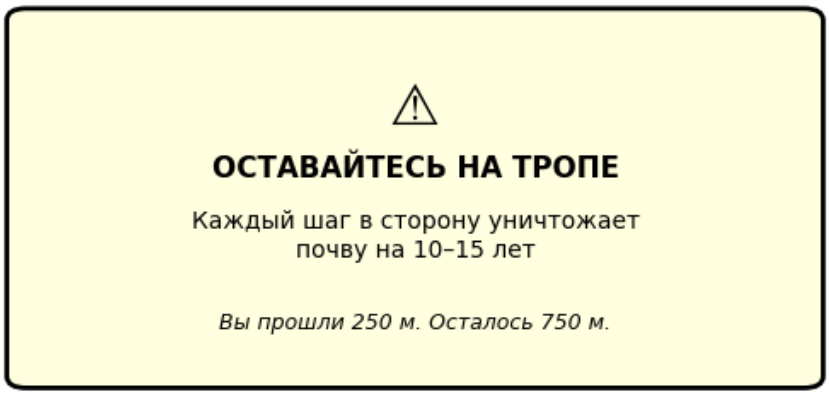


Рис.3. Пример информационного аншлага

Такие меры формируют у посетителей экологическую ответственность. В заповедниках с небольшой посещаемостью (до 30 человек в день) этого нередко оказывается достаточно. Однако при росте потока эффект резко снижается: люди начинают сходить с тропы, чтобы разминуться со встречными, обойти лужу или просто потому, что забыли о запрете. К тому же аншлаги не работают на детских группах без сопровождения и на маршрутах, где нет постоянного контроля. Поэтому информационные методы следует рассматривать лишь как обязательный фон, но не как основное средство защиты.

К биотехническим методам относят способы, при которых поверхность тропы укрепляется природными или близкими к природе материалами без полной изоляции почвы [2]. Наиболее распространены два варианта.

Первый – мульчирование корой или древесной щепой. На тропу насыпается слой толщиной 5–10 см. Мульча принимает на себя нагрузку, а почва под ней остаётся рыхлой. Кроме того, она препятствует росту сорняков и сохраняет влагу. Однако на переувлажнённых участках кора быстро намокает, становится скользкой и начинает гнить. В сухих борах и на песчаных почвах этот метод работает хорошо, но требует ежегодной подсыпки.

Второй – использование георешёток. Пластиковые модули с ячейками размером 5–10 см укладываются на грунт и заполняются почвой с семенами трав. Корневая система скрепляет содержимое ячейки, а нагрузка распределяется на стенки модуля. Георешётки эффективны на склонах и на устойчивых сухих почвах. На чернозёмах и глинах ячейки быстро заиливаются, трава перестаёт расти, а конструкция превращается в скользкую пластиковую поверхность.

Пример удачного применения георешёток – участок экотропы в Кисловодском национальном парке, где на склоне крутизной 12° они полностью остановили эрозию и позволили восстановиться травяному покрову.

Наиболее надёжным способом защиты признаются приподнятые настилы. Они полностью исключают контакт обуви с почвой, поэтому даже при экстремальной нагрузке стадия дегрессии под ними остаётся нулевой. Конструкция настила типична (рис.3.)

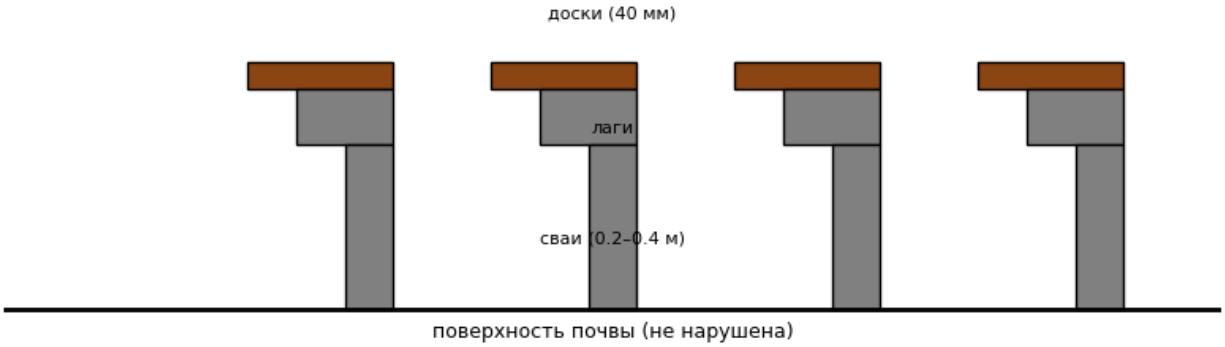


Рис.4. Конструкция приподнятого деревянного настила

Материалом обычно служит лиственница – она не гниёт в воде и служит 15–20 лет. В последнее время применяют и пластиковые модули, но они дороже и нагреваются на солнце. Настилы незаменимы на переувлажнённых участках, торфяниках, песках и в местах с интенсивностью потока более 100 человек в день. Пример – Большая Байкальская тропа, где на болотистых отрезках настилы сохранили почву в первозданном состоянии уже два

десятилетия. Недостаток таких конструкций – высокая стоимость (до 1 млн руб. на километр) и трудоёмкость монтажа.

Помимо технического обустройства, деградацию можно снизить прямым ограничением потока. К этой группе относятся квотирование (продажа только определённого числа билетов), сезонное закрытие (например, на время весенней распутицы) и система слот-бронирования, когда группы запускаются с интервалом 15 минут. Например, в заповеднике «Кивач» на тропе к водопаду после введения квоты 50 человек в день стадия дегрессии за два года снизилась с третьей до второй. Однако такие меры требуют административного контроля и нередко вызывают недовольство посетителей, особенно в высокий сезон. Практика показывает, что ни один из способов не является универсальным. Рациональная стратегия предполагает комбинирование методов в зависимости от локальных условий. Ниже приведена схема принятия решения (алгоритм для проектировщика) (рис.5).

Если тропа проходит через разнородные участки, каждый из них может требовать своего решения. Например, на сухом бору достаточно аншлагов и мульчирования, на чернозёмном склоне – георешёток, а на заболоченном отрезке – деревянного настила.

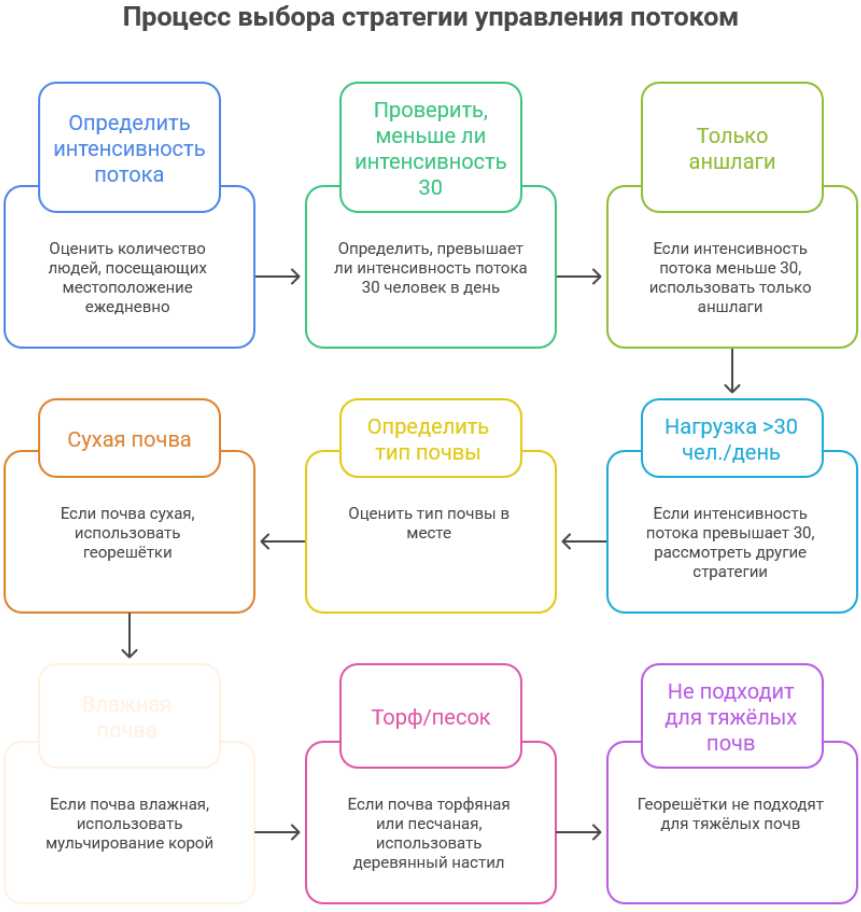


Рис.5. Процесс выбора стратегии управления потоком

Заключение. Предотвращение рекреационной дегрессии на экологических тропах ООПТ достигается сочетанием информационных, биотехнических, инженерных и организационных мер. Информационные аншлаги создают поведенческую основу, но самостоятельно не останавливают деградацию при высоких потоках. Биотехнические методы (мульча, георешётки) эффективны на сухих устойчивых почвах, но непригодны на переувлажнённых субстратах. Инженерные настилы – единственное надёжное решение для влажных, рыхлых и сильно нарушенных участков, хотя и требуют значительных затрат. Организационные ограничения полезны при перегрузке тропы, но должны подкрепляться техническим обустройством. Оптимальная стратегия – ежегодный мониторинг состояния тропы и адаптивное сочетание методов, при котором настилы применяются только на самых уязвимых отрезках, а остальная часть маршрута обслуживается более дешёвыми, но менее надёжными решениями.

Список литературы

1. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. – М., 1987. – 34 с.

2. Туюнен, А.В., Тимофеева, В.В., Карпечко, А.Ю., Ткаченко, Ю.Н., Карпин, В.А., Петров, Н.В. Рекреационные изменения компонентов лесных экосистем на примере объекта культурного наследия «Беломорские петроглифы» (Республика Карелия) // Известия вузов. Лесной журнал. – 2020. – № 5. – С. 90–105. – DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-90-105.

3. Чижова, В.П. Разработка программы рекреационного мониторинга охраняемой природной территории // Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования: труды международной научно-практической конференции (г. Москва, 27–28 апреля 2006 г.). – М.: РИБ «Турист», 2006. – С. 392–396.

References

1. Temporary Methodology for Determining Recreational Loads on Natural Complexes When Organizing Tourism, Excursions, and Mass Everyday Recreation, and Temporary Standards for These Loads. Moscow, 1987, 34 p.

2. Tuyunen, A.V., Timofeeva, V.V., Karpechko, A.Yu., Tkachenko, Yu.N., Karpin, V.A., Petrov, N.V. Recreational Changes in Forest Ecosystem Components: The Example of the Belomorskie Petroglyphs Cultural Heritage Site (Republic of Karelia) // News of Universities. Forestry Journal. 2020, no. 5, pp. 90–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-90-105.

3. Chizhova, V.P. Development of a recreational monitoring program for a protected natural area // Tourism and recreation: fundamental and applied research: proceedings of the international scientific and practical conference (Moscow, April 27–28, 2006). – M.: RIB “Tourist”, 2006. – P. 392–396.

УДК: 630.174.251.18

DOI: 10.58168/EnvPr2026_118-124

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. ПЕСЧАНКА

HYDROCHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS OF THE PESCHANKA RIVER

Гринева Д. В., бакалавр 4 курса кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Горбунова Ю. С., к.б.н., доцент кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Топороввская Е. А., бакалавр 4 курса кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Белик А. В., к.б.н., доцент кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Grineva D. V., 4th year bachelor student of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Gorbunova J. S., PhD, Associate Professor of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Toporovskaya E. A., 4th year bachelor student of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Belik A. V., PhD, Associate Professor of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Аннотация: Статья посвящена изучению неблагоприятных трансформаций в экологическом состоянии мелкого водоема и его поверхностного стока. Проведен мониторинг гидрохимического состава воды р. Песчанка в пределах города Воронеж за осенне-зимний период 2024-2025гг. По полученным результатам дана характеристика современного экологического состояния исследуемого участка реки Песчанка и рассчитан гидрохимический индекс загрязнения воды. Выявлены показатели состава воды, по которым наблюдается превышение предельно-допустимых концентраций. Указаны причины, из-за которых произошло ухудшение качества воды. Цель работы – определить гидрохимический состав поверхностных вод р. Песчанка, проанализировать сезонные изменения в гидрологическом режиме реки.

Исследуемая река относится к левому притоку реки Воронеж. Впадает в Воронежское водохранилище в его южной части. Ее окрестности чрезвычайно насыщены промышленными предприятиями, в том числе автостоянками, гаражами, где происходит незаконная мойка автомашин с использованием средств с высоким содержанием ПАВ. Это создает опасность загрязнения реки многочисленными поллютантами, поступающими с поверхностным стоком и из атмосферы. Большую роль в питание реки принимает поверхностный сток с водосборной площади городской застройки (атмосферные осадки, снеговые воды, ливневый сток), который направлен к реке. В результате чего наблюдается изменение состава поверхностных вод р. Песчанка, что свидетельствует о ее неблагополучном состоянии. При сохранении текущих объемов сбросов и низкой степени их очистки будет все больше проявляться деградация аквальных комплексов данного водотока и его компонентов. Это в свою очередь скажется на качестве принимающего ее воды Воронежского водохранилища.

© Гринева Д. В., Горбунова Ю. С., Топоровская Е. А., Белик А. В., 2026

Химический состав проб воды выявил, что на изученные показатели антропогенное воздействие не оказывается, но следует проводить дальнейшие исследование по другим показателям и продолжать экологический мониторинг территории.

Summary: This article examines adverse changes in the ecological status of a small reservoir and its surface runoff. The hydrochemical composition of the Peschanka River water within the city of Voronezh was monitored for the autumn-winter period of 2024-2025. Based on the results, the current ecological status of the studied section of the Peschanka River was characterized and a hydrochemical index of water pollution was calculated. Water composition parameters exceeding maximum permissible concentrations were identified. The causes of the deterioration in water quality were identified. The objective of this study was to determine the hydrochemical composition of the Peschanka River's surface waters and analyze seasonal changes in the river's hydrological regime.

The Peschanka River, a left tributary of the Voronezh River, flows into the Voronezh Reservoir in its southern section. Its surrounding area is heavily populated with industrial enterprises, including parking lots and garages where illegal car washes with products containing high surfactants occur. This creates a risk of river pollution from numerous pollutants arriving with surface runoff and from the atmosphere. Surface runoff from urban catchment areas (precipitation, snow, and stormwater) plays a significant role in river nutrition, flowing toward the river.

As a result, changes in the composition of the Peschanka River's surface waters have been observed, indicating its poor condition. If current discharge volumes and poor treatment levels continue, the aquatic systems of this watercourse and its components will increasingly degrade. This, in turn, will impact the quality of the Voronezh Reservoir, which receives the water.

The chemical composition of water samples revealed no anthropogenic impact on the parameters studied, but further research on other parameters and continued environmental monitoring of the area are needed.

Ключевые слова: водообмен, загрязненность, антропогенное воздействие, гидрологический баланс, тяжелые металлы.

Keywords: water exchange, pollution, anthropogenic impact, hydrological balance, heavy metals.

Введение. Современный мир сталкивается с серьезной экологической задачей-ухудшение состояния малых рек и нарушение их гидрологического баланса. Такие изменения предопределяются как антропогенными, так и природными факторами [5]. Наиболее чутко на антропогенное вмешательство реагируют малые водотоки, составляющие основу более крупных рек [2]. Важной особенностью малых рек является их ограниченная способность к самоочищению, в результате чего они легко загрязняются, заиливаются и деградируют. Ключевой задачей для решения этих проблем является оперативное выявление изменений в гидрологической динамике рек и создание эффективных управленческих решений для её улучшения.

При минимальном антропогенном воздействии, когда на реке Воронеж отсутствовало Воронежское водохранилище длина реки Песчанка составляла 18 км, а площадь водосборного бассейна – 131 км². В конце XX века длина реки Песчанка уменьшилась до 4 км, а ее русло в верхнем течение полностью пересохло (лог). Водное русло на момент проведения исследований начинается от дачного кооператива «Алексеевские дачи»,

находящегося в пригороде г. Воронежа, и впадает в Воронежское водохранилище. Общая ширина речной долины р. Песчанка составляет порядка 350 м, а глубина – местами доходит до 4 м [6].

Воронежское водохранилище – искусственно зарегулированная система с замедленным водообменом, имеющее большое народно-хозяйственное значение, находится в городе Воронеже и считается одним из крупнейших водных объектов, расположенных полностью в городской черте. В результате эксплуатации изменились размеры водохранилища. Так, значение средней глубины увеличилось и составляет 3,3 метра, однако при этом площадь водного зеркала уменьшилась с 70 км^2 до 59,9 км^2 [6].

Цель работы – изучить гидрохимический состав поверхностных вод р. Песчанка.

Для достижения цели работы реализованы следующие задачи: 1) проведена визуальная оценка территории исследования; 2) отобраны пробы воды по сезонам; 3) определен гидрохимический состав поверхностных вод р. Песчанка; 4) проведена вариационно-статистическая обработка полученных результатов с использованием Microsoft Excel и дальнейшем их сравнительным анализом.

Материалы и методики исследования. Материал, на основе которого написана статья, получен в результате отбора образцов воды в период с осени 2024 по зиму 2025 года на территории поверхностных вод р. Песчанка и Воронежского водохранилища.

Исследуемая территория расположена в зоне умеренного климата с ярко выраженной сезонностью, где среднее количество выпадающих осадков составляет 450-500 мм в год. Средняя годовая температура воздуха +5 °С, средняя температура июля составляет +21 °С, января –10 °С. Рельеф представлен пониженной плоскоравнинной поверхностью, которая переходит в речную террасу [6]. Водовмещающие неоген-четвертичные породы представлены хорошо фильтрующими песками, супесями, суглинками и глинами [4].

Предприятия и подсобные хозяйства представлены: авиастроительным предприятием «Воронежское акционерное самолётостроительное общество» (ВАСО), ОАО «Воронежсинтезкаучук», ООО Воронежсельмаш, Воронежский шинный завод (совместное предприятие международной компании Pirelli и Государственной корпорации «Ростек»), ЗАО «Воронежстальмост», Воронежская ТЭЦ-1, урбанизированная часть Левобережного района г. Воронежа.

При исследовании гидрохимического состава использовались общепринятые методы анализа природных вод [1]. Всего было отобрано 4 пробы воды и 2 пробы донных отложений в каждый из двух периодов (рис.1.).

Аналитические исследования отобранных проб были выполнены в трехкратной повторности, в лаборатории экологического мониторинга медико-биологического

факультета ВГУ. Гидрохимический анализ выполнялся в соответствии с ПДК вредных веществ для воды рыбохозяйственных водных объектов [3].



Рис.1.Точки отбора проб воды на реке Песчанка и Воронежском Водохранилище

Вариационно-статистическая обработка полученных результатов проводилась по Б.А. Доспехову (2012) и с использованием программы Microsoft Excel [3].

Обсуждение результатов

Исследуемая территория отличается высокой рекреационной нагрузкой.

По результатам, полученным в лаборатории экологического мониторинга ВГУ видно, что минерализация воды колеблется от 0,00027 до 0,0006 г/дм^3, что минимально и положительно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции предприятий, т.к. повышенная минерализация вызывает образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв. Такая вода является пресной. Водородный показатель (pH) всех проб воды находится в нейтральном диапазоне от 7,13 до 7,48, что говорит о наличии в водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$. Общая кислотность 0,12-1,7, такие минимальные значения связаны со сбросом промышленных сточных вод [7]. Количество катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в пробах находится в пределах ПДК.

Таблица 1 – Содержание компонентов химического состава в пробах воды р.Песчанка и Воронежского водохранилища в мг/л

Проба	pH	$K_{об щ}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Жо	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO^{3-}	PO_4^{2-}	$БПК_5$	ХПК	Fe^{2+}	NO^{2-}
Осень 2024															
Песчанка	7,13	1,7	4,25	4,797	4,8	0,26	160,33	57	237,6	114,4	0,08	9	27	0,039	0,035
Водохр	7,48	1	4,22	4,128	4,5	0,28	150,73	60	220	112	0,2	10	46	0,043	0,028
Зима 2025															
Песчанка	7,13	0,12	5,25	13,6	5	0,32	170,75	160	120,5	23,76	0,185	15	43	0,045	0,0005
Водохр	7,45	0,17	4,72	10,56	4,6	0,45	165,1	202	83,2	15,32	0,159	14	62	0,047	0,0001
ПДК	6,5-8,5	–	180	40	7	9,1	300	100	400-500	–	0,6	2	30	0,1	0,08

Общая жесткость реки Песчанка и Водохранилища в среднем за оба периода составляет 4,7, следовательно, вода средней жесткости [2]. Содержание азота нитратов в поверхностных водах реки Песчанка колеблется от 0,28 до 0,45 мг/дм^3, причем увеличивается концентрация азота от реки Песчанка к Водохранилищу. Аналогичным образом распределяется содержание аммония – от 2,36 до 4,85 мг/дм^3, железа – от 0,039 до 0,047 мг/дм^3. В водоем тяжелые металлы поступают из естественных источников, со сточными водами промышленных предприятий, основанных на производстве источников тока, черной и цветной металлургии и атмосферными осадками. Также они встречаются в органах гидробионтов. Естественным источником поступления свинца в поверхностные воды является растворение экзогенных и эндогенных минералов, а антропогенным – сжигание угля, вынос с некоторых предприятий со сточными водами. Также свинец абсорбируется и осаждается в донные отложения.

Количество хлоридов (Cl^-) составляет приблизительно половину ПДК, что является следствием техногенного воздействия на водоем, обусловленным поступлением контролируемых и неконтролируемых бытовых и промышленных стоков в водоток или на его водосборную площадь [7]. Сульфаты (SO_4^{2-}) в осенний период в среднем составляют 58 мг/л и не превышают ПДК, но в зимний период концентрация составляет 1,6 ПДК для реки и 2ПДК для водохранилища. Ортофосфаты (PO_4^{2-}) находятся в приделах нормы ПДК – 0,08-0,2 мг/л. Все показатели показаны в таблице (табл.1).

Появление в воде новых соединений или повышение концентрации солей в ней указывает на возможное загрязнение за счет спуска промышленных, бытовых сточных и сельскохозяйственных вод.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) р. Песчанка составляет 4,8, что соответствует 5 классу загрязнению вод и считается грязной (4-6).

В силу гидрологических особенностей малые реки являются экологическим барьером между водосбором и рекой, накапливая в донных отложениях большие концентрации загрязняющих веществ.

Заключение. Таким образом, был проведен геохимический анализ проб вод р. Песчанка и Воронежского водохранилища. Проведенные исследования позволили сделать следующие основные выводы о качестве поверхностных вод исследуемой территории. Анализ проведенных лабораторных исследований показал, что почти по всем показателям воды р. Песчанка и Воронежского водохранилища отвечают нормам ПДК, но такие химические показатели, как $БПК_5$, ХПК, отражающие количество органических веществ в воде, превышают её. Концентрация загрязняющих веществ увеличивается от реки к водохранилищу. Данные показатели дают нам возможность сделать вывод о состоянии

малых рек, на примере, реки Песчанка. Степень загрязненности вод устья р. Песчанка отражает экологическое состояние прилегающей территории. Неорганизованный отдых населения приводит к ухудшению экологического состояния территории. Рекомендуется регулировать рекреационную активность населения в прибрежной зоне. Экологическое состояние реки по данным показателям в условиях антропогенной нагрузки удовлетворительно, необходимо продолжать вести мониторинговые исследования. Активное развитие сине-зеленых водорослей, теплое лето с повышенными температурами для августа (+30 ℃ и выше), а также сброс хозяйственно-бытовых и промышленных стоков спровоцировали процесс гниения. Все это отрицательно сказалось на гидрохимическом состоянии реки Песчанка, что уже привело к изменению условий формирования подземного и поверхностного стока. Это обстоятельство является главной причиной ухудшения качества природных вод.

Список литературы

1. Беспамятов Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г. П. Беспамятов, Ю. А Кротов. — Ленинград: «Химия», 1985. — 528 с.

2. Дмитриева В. А. Кислородный режим малых водотоков в условиях различной антропогенной нагрузки / В. А. Дмитриева, Е. Г. Нефедова // Наука и практика. 2016. – № 4. – С. 56-61.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — Изд. 6-е, стер. — Москва: Альянс, 2011. — 351 с.

4. Дубянский А. А. Подземные воды Воронежа / проф. А. А. Дубянский. — Воронеж: изд-во и тип. кн-ва «Коммуна», 1933. — 80 с.

5. Зинюков Ю. М. Характеристика речного стока и проблемы изменения гидрологического режима малых рек территории междуречья Воронеж – Матыра / Ю. М. Зинюков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2010. – №2. – С. 270-278.

6. Смирнова А. Я. Влияние автодорожного транспорта на водные экосистемы р. Песчанки / А. Я. Смирнова, Е. Н. Кислякова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2008. – №1. – С. 152-156.

7. Чувычкин А. Л. Динамика экологического состояния поверхностных вод средних и малых рек бассейна Среднего Дона: специальность 03.02.08 «Биология»: Автореферат на соискание кандидата биологических наук / А. Л. Чувычкин ФГБОУ ВО

«Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – Воронеж, 2020. – 21 с.

References

1. Bespamyatov, G. P., Maximum Permissible Concentrations of Chemicals in the Environment. Handbook. Leningrad: Khimiya, 1985, 528 p.

2. Dmitrieva, V. A., Oxygen Regime of Small Streams under Different Anthropogenic Loads. Science and Practice. 2016, no. 4, pp. 56–61.

3. Dospekhov, B. A., Field Experiment Methodology (with Basics of Statistical Processing of Research Results). 6th ed., reprinted. Moscow: Alliance, 2011, 351 p.

4. Dubyansky A. A. Underground waters of Voronezh / prof. A. A. Dubyansky. – Voronezh: Publishing house and printing house "Kommuna", 1933. – 80 p.

5. Zinyukov Yu. M. Characteristics of river runoff and problems of change in the hydrological regime of small rivers of the Voronezh - Matyra interfluve / Yu. M. Zinyukov // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geology. - 2010. - No. 2. - P. 270-278.

6. Smirnova A. Ya. Impact of road transport on aquatic ecosystems of the Peschanka River / A. Ya. Smirnova, E. N. Kislyakova // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geology. - 2008. - No. 1. – P. 152-156.

7. Chuvychkin A. L. Dynamics of the ecological state of surface waters of medium and small rivers of the Middle Don basin: specialty 03.02.08 "Biology": Abstract for a candidate of biological sciences / A. L. Chuvychkin FSBEI HE "Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov". - Voronezh, 2020. - 21 p.

УДК: 574.2

DOI: 10.58168/EnvPr2026_125-140

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА: АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ ТЕНДЕНЦИЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

CLIMATE CHANGE IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION: ANALYSIS OF LONG-TERM TRENDS, ECOLOGICAL AND AGROTECHNICAL CONSEQUENCES

Козлова А.А., студент 1 курса Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Kozlova A.A., 1st year student of the Forestry Faculty of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлен литературный обзор, посвященный анализу многолетних климатических изменений на территории Центрально-Черноземного региона России (Белгородская, Воронежская, Тамбовская, Липецкая, Курская области) за период преимущественно 1960–2024 гг. На основе обобщения данных метеорологических наблюдений, гидрологических и агрометеорологических исследований рассмотрены ключевые тренды: рост температур воздуха, трансформация режима осадков, уменьшение влажности воздуха и гидротермического коэффициента, сокращение продолжительности и водозапаса снежного покрова, изменение речного стока и ледового режима, активизация опасных гидрометеорологических явлений, а также ответные реакции ландшафтов, почв, урожайности сельскохозяйственных культур и здоровья населения. Показано, что климатические изменения носят сложный, нелинейный характер, приводя к смене агроклиматических зон (смещение на юг), увеличению рисков засух, подтоплений, эрозии, оползней и расширению ареалов трансмиссивных заболеваний. Сделан вывод о направленности изменений в сторону аридизации, а также о парадоксе роста урожайности на фоне ухудшения климатических условий благодаря технологическим факторам. Определены малоизученные аспекты и предложены направления дальнейших исследований.

Abstract: The article presents a literature review devoted to the analysis of long-term climate change in the Central Black Earth Region of Russia (Belgorod, Voronezh, Tambov, Lipetsk, and Kursk Oblasts) primarily for the period 1960–2024. Based on a summary of meteorological observations, hydrological, and agrometeorological studies, the key trends are considered: increasing air temperatures, changing precipitation patterns, decreasing air humidity and the hydrothermal coefficient, reducing the duration and water content of snow cover, changing river runoff and ice regimes, intensifying hazardous hydrometeorological phenomena, as well as the responses of landscapes, soils, agricultural crop yields, and human health. It is shown that climate change is complex and nonlinear, leading to a shift in agroclimatic zones (southward shift), increasing the risks of droughts, flooding, erosion, landslides, and expanding the ranges of vector-borne diseases. A conclusion is drawn regarding the trend toward aridization, as well as the paradox of yield growth amid deteriorating climatic conditions due to technological factors. Little-studied aspects are identified, and directions for further research are proposed.

© Козлова А. А., 2026

Ключевые слова: климатические изменения, Центрально-Черноземный регион, температура воздуха, осадки, снежный покров, речной сток, засухи, урожайность, здоровье населения, аридизация.

Keywords: climate change, Central Black Earth region, air temperature, precipitation, snow cover, river runoff, droughts, crop yield, population health, aridization.

Введение. Наблюдаемое на данный момент глобальное потепление оказывает свое влияние на планету повсеместно. Средние темпы потепления приземного воздуха в течение 1976-2020 гг. составили 0,18°С/10 лет в глобальном масштабе, и только за этот период глобальная температура возросла на 0,8°С. Это влечет за собой глобальные климатические изменения, такие как: увеличение количества осадков над сушей, изменение циклонов, сокращение весеннего снежного покрова, таяние ледников, ускорение подъема уровня Мирового океана, увеличение числа опасных гидрометеорологических явлений. Эти изменения также коснулись и Российской Федерации. В России средняя приповерхностная температура воздуха повышается в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по миру. Примерно на 0,5°С за десятилетие [1]. Конкретно на территории Центрально-черноземного региона среднегодовая температура выросла на 1,2°С за период 2000-2020 гг., что влечёт за собой климатические изменения, требующие внимания [2]. ЦЧР известен своими плодородными почвами, благодаря чему имеет особое значение для аграрной промышленности России. Поэтому важно изучить общие тенденции климатических изменений на его территории.

Цель исследования. Многочисленные исследования фиксируют различные последствия изменения климата, рассматривая их с разных сторон. Цель настоящей работы — обобщение и систематизация результатов исследований климатических изменений в Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областях; выявление экологических и агротехнологических последствий этих изменений; определение малоизученных и неизученных аспектов изменения климата.

Для достижения цели были поставлены следующая задача: проанализировать и систематизировать научную литературу, посвященную климатическим изменениям, охватывая ключевые сферы воздействия.

Методы и материалы исследования. Для изучения климатических изменений на территории ЦЧР была отобрана и проанализирована литература на темы климатических изменений, метеорологических аномалий, водного и температурного режимов на территории ЦЧР. Проведен анализ исследований на территории России, ЦЧР в целом и каждой из его областей в отдельности. Рассматривались работы, охватывающие период наблюдений с 1950-х по 2025 г., с акцентом на последние 30-40 лет. Использованы сравнительно-географический, аналитический и статистический методы обобщения.

Результаты исследования и их обсуждение. Территория России крайне разнородна, ведь охватывает регионы от субтропиков до полярных областей. Именно поэтому разные её части подвержены различным климатическим рискам в разной степени. В статье рассмотрены основные риски связанные с четырьмя типами климатического воздействия: рост событий с аномально высокой температурой воздуха (волн тепла), усугубление водного стресса, интенсификация опасных явлений и влияние изменений климата на здоровье человека.

Анализируемые типы воздействий изменения климата распределены по всей территории России, но каждый из них наиболее характерен для конкретных регионов. Таяние вечной мерзлоты является наиболее актуальным климатическим риском в северо-восточных регионах. Лесные пожары характерны для лесного пояса, простирающегося от центра европейской части страны до Центральной Сибири и юга Дальнего Востока России. Аномально жаркие периоды наиболее опасны для населенных урбанизированных территорий центра европейской части России, но также и для юга европейской части страны, юга Урала и юга Западной Сибири. Обусловленное климатическими изменениями усиление водного стресса является ключевой опасностью для юга европейской части, Черноземья, юга Урала и юга Западной Сибири.

Но наличие наиболее актуальных рисков для различных районов России не отменяет возможности их подверженности и другим видам рисков. Например ЦЧР помимо подверженности водному стрессу (которому подвержены каждая из областей ЦЧР), страдает также из-за волн тепла (наиболее это сказывается на Белгородской, Воронежской и Тамбовской областях) и пожаров (Воронежская и Липецкая области). [3]

Перейдем к более точечному рассмотрению климатических изменений в разных областях Центрального Черноземья на конец XX — начало XXI века.

Начнём с температурного режима. Во всех пяти областях ЦЧР зафиксирован устойчивый положительный тренд среднегодовой температуры воздуха. В ходе анализа отмечено, что наиболее значительный вклад в потепление вносит холодный период года. В Белгородской области за последние 15 лет сумма активных температур выше +10 °C возросла в среднем на 300 °C, что привело к исчезновению первого агроклиматического района (2400–2600 °C) и появлению третьего (>2800 °C), характерного ранее для более южных широт [4].

В Воронежской области за период 1961–2020 гг. среднегодовая температура повысилась на 1,4–1,6 °C. Самым теплым десятилетием стал 2001–2010 гг. (рост 0,09 °C/год), а 2020 год оказался абсолютным рекордсменом: осредненная по области температура достигла 9,5 °C, что на 3,1 °C выше нормы 1961–1990 гг. [5].

В Тамбовской области максимальная скорость потепления отмечена в холодный период (коэффициент тренда 0,45 °C/10 лет), а вклад тренда в дисперсию за год составляет 19,5 % [6].

В Липецкой области (2006–2015 гг.) рост среднегодовой температуры составил 0,6–0,9 °C, причем интенсивность уменьшения осадков превышает интенсивность роста температуры [7].

В Курской области за 1950–2015 гг. температура повысилась на 0,5–1,0 °C, а наиболее теплым стал 2010 год (до 8,4 °C в Рыльске) [8].

Исходя из этих данных мы видим, что потепление Центрально-Черноземного региона является значительным (0,6–1,6 °C за последние 30–60 лет) и обусловлено преимущественно зимним сезоном, что ведет к сокращению зимы и удлинению весеннего периода.

Динамика осадков сложнее: при сохранении или незначительном снижении годовых сумм происходит рост их экстремальности и перестройка внутригодового распределения. В Белгородской области условия увлажнения стали более засушливыми не за счет уменьшения осадков, а вследствие роста температур; возросла вероятность ливневых осадков при снижении вероятности длительных засух [4].

В Тамбовской области за последние 40 лет (1976–2015) максимальные суточные осадки и частота осадков >20 мм и >50 мм достоверно увеличились, что подтверждает гипотезу о росте экстремальности [9].

В Липецкой области отмечено драматическое сокращение годовых сумм осадков: в Ельце на 400 мм (почти в 1,8 раза), в Конь-Колодезе на 320 мм (в 1,6 раза) за 2006–2015 гг. [7].

В Курской области годовые суммы не изменились, но уменьшились осадки в декабре (68% нормы) и августе (85% нормы), а доля ливневых осадков возросла [10].

Одновременно снижается относительная влажность воздуха (в Курской области с 77 % до 73 %) и гидротермический коэффициент (ГТК). В Белгородской области ГТК имеет устойчивый тренд уменьшения, а в экстремальный 2010 год ГТК за май–август составил 0,67 (засуха) [4]. В Воронежской области на юге (Калач) повторяемость лет с ГТК меньше 1,0 достигает 91 % [11],[12]. В Курской области понижение ГТК и радиационного индекса сухости свидетельствует о переходе от оптимального к умеренно-недостаточному увлажнению [13].

Из этого можно сделать вывод, что ЦЧР вступает в период аридизации: при незначительном изменении годовых осадков рост температуры и испаряемости ведет к дефициту влаги, а увеличение доли ливней создает риски эрозии и подтоплений.

Питание рек и почвы в территории ЦЧР происходит за счет талых вод, поэтому важно рассмотреть и изменения касающиеся снежного покрова и водного режима областей. Так в Курской области, например, продолжительность залегания снега сократилась с 134–138 до 117–119 дней (на 14 дней), а в экстремальные годы (2007–2008) – менее 100 дней; средний запас воды в снеге уменьшился с 46 до 40 мм [14]. В Тамбовской области продолжительность залегания снега составляет 108±24 дня, а водозапас – 81,5±38 мм, что говорит о высокой межгодовой изменчивости, но с тенденцией к более раннему достижению максимума и сокращению периода [15],[16].

В Воронежской области учащение зимних оттепелей препятствует накоплению устойчивого снежного покрова, что ведет к дефициту весеннего питания рек и снижению уровня грунтовых вод, подпитывающих пойменные леса. Это создает риски усыхания и деградации дубрав, а также способствует распространению патогенов и насекомых-вредителей. Леса региона, являясь поглотителями углерода, страдают от климатических изменений, что снижает их буферную роль в смягчении глобального потепления [17].

Речной сток катастрофически снижается. В Белгородской области за 2008–2021 гг. годовой сток уменьшился на 17 %, доля подземного стока выросла с 19 до 68 % при сокращении поверхностного с 81 до 32 %; сток половодья стал меньше летне-осеннего [18]. В Воронежской области среднегодовой сток Дона сократился с 25 до 12 км³/год (вдвое за 50 лет), что сопровождается пересыханием стариц, малых рек и родников [19].

Ледовый режим также трансформируется: продолжительность ледостава на Дону у Задонска сократилась со 110 до 90 суток, появились годы без ледостава (1961, 2003), а даты установления ледового покрова сместились на январь–февраль [20].

Тем самым, потепление активизирует опасные экзогенные процессы, ухудшает водную эрозию почв. В Белгородской области за последние 20 лет активизировались оползни, оврагообразование (рост 0,3–1 м/год), карст (до 50 воронок/км²), усилилась боковая эрозия рек [21]. В Воронежской области, напротив, водная эрозия снижается из-за перевода поверхностного стока во внутрипочвенный, но активизируются переувлажнение и оползни [22].

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в Белгородской области снизились на 15 % к посеву и на 35–43 % к уборке (независимо от способа обработки) [23]. Что может негативно сказываться на урожайность.

Однако парадоксально, на фоне ухудшения климатических условий урожайность в ЦЧР растет. В Курской области в 2020 г. она достигла 58,5 ц/га (1-е место в ЦФО) [24]. Это объясняется технологическими факторами, выведением засухоустойчивых растений, внесением удобрений, компенсирующих негативное влияние экзогенных процессов. Однако

стоит отметить, что в Липецкой области эконометрически доказано, что рост температуры в мае–июле на 1 % снижает урожайность культур на 1,5 %, а удобрения лишь частично компенсируют стресс [25].

Стоит отметить, что смещение агроклиматических зон в Белгородской области также открывает новые возможности для выращивания более южных, теплолюбивых сельскохозяйственных культур, которые ранее в области не возделывались. Но это требует учета возросших рисков засух.

Изменения в климате влекут за собой влияние не только на окружающую среду, но и на человека в том числе. На фоне потепления погодные условия становятся более экстремальными, частота опасных явлений (ОЯ) резко возросла. В Белгородской области за 15 лет зарегистрировано 235 случаев ОЯ, из них 82 – сильная жара (≥35 °С), 35 – в 2010 г.; впервые отмечены почвенная и атмосферная засухи, суховей; ГТК в 2010 г. составил 0,10 (пустынный уровень) [26, 27]. В Курской области засухи стали практически ежегодными (2010, 2014–2020), причем атмосферные засухи доминируют над почвенными (77 % против 23 %), а продолжительность засушливых периодов (2–3 декады) увеличилась [24].

Всё это влияет на здоровье человека, что количественно доказано. В Воронежской области ключевым фактором, влияющим на здоровье, является ветровой режим. [28]. В Липецке преждевременная смертность от теплового воздействия оценивается в 57 смертей/год, экономический ущерб – 76 млн руб./год, причем риски выше в плотно застроенных районах. Это означает, что жители плотно застроенных центральных районов с дефицитом зелёных насаждений подвергаются значительно большему риску, чем жители пригородных и хорошо озелененных территорий. [29].

Расширяются и ареалы трансмиссивных заболеваний. Например в Курской области с 2008 г. регистрируется дирофиляриоз (пик 0,46 на 100 тыс. в 2013, 2015, 2017 гг.), что связывают с ростом среднегодовой температуры с 5,9 до 8,5 °С (2003–2023 гг.) [30].

Выводы и заключение. Проведенный анализ позволяет сделать следующие обобщающие выводы: на территории ЦЧР наблюдается устойчивое потепление со скоростью 0,2–0,45 °С/10 лет (в холодный период – выше). Произошла смена агроклиматических зон (Белгородская область перешла в более теплую категорию). При сохранении или слабом снижении годовых сумм осадков растет их экстремальность; снижается относительная влажность воздуха и ГТК; юг Воронежской области находится в зоне недостаточного увлажнения в 91 % лет. ЦЧР вступает в период неустойчивого увлажнения. Продолжительность залегания снега сократилась на 14–20 дней, запасы воды в снеге уменьшились на 13–15%; годовой речной сток снизился на 17% в Белгородская области и более чем вдвое в Воронежской области; доля подземного стока выросла до 68%, сток

половодья стал меньше летне-осеннего; продолжительность ледостава сократилась на 20–30 дней, появились годы без ледостава. Происходит смена доминирующих процессов – в одних районах активизируются эрозия и карст, в других – оползни и переувлажнение; в Белгородской области запасы продуктивной влаги в почве снизились на 35–43% к моменту уборки. Частота засух и волн жары стала практически ежегодной; 2010 год характеризовался пустынным ГТК (0,10); доказано влияние метеопараметров на заболеваемость и смертность; расширился ареал дирофиляриоза. Несмотря на ухудшение климатических условий, урожайность растет благодаря технологическим факторам, однако климатический риск остается высоким.

Совокупность выявленных тенденций – создает предпосылки для смещения природных зон в ЦЧР в северном направлении. Лесостепные ландшафты, характерные для большей части региона, могут трансформироваться в степные с элементами опустынивания в наиболее засушливых юго-восточных районах. Это подтверждается снижением ГТК и радиационного индекса сухости [13], а также ростом повторяемости атмосферных засух. В то же время увеличение теплообеспеченности создает условия для внедрения более южных агрокультур, что частично компенсирует экологические потери, но не снижает риски деградации естественных экосистем.

Несмотря на значительное количество исследований, многие аспекты остаются недостаточно изученными. Исходя из выявленных пробелов в будущем стоит обратить внимание на следующие темы исследований: прямые количественные оценки влияния изменения экстремальности осадков (ливней) на водную эрозию черноземов на разных типах склонов и при разных системах земледелия. Большинство работ носят качественный или полуколичественный характер.

Долгосрочная динамика влажности воздуха (абсолютной и относительной) и ее связь с суховеями – имеются лишь фрагментарные данные по отдельным станциям без построения единых трендов для ЦЧР. Влияние изменчивости температуры (особенно межсуточной) на здоровье населения – работы единичны [28],[29], требуются расширенные эпидемиологические исследования с учетом возрастной структуры и социальных факторов.

Миграция химических элементов и загрязнителей в ландшафтах в связи с изменением водного режима (перевод стока во внутрипочвенный) – единичные работы [33], требуют систематизации.

Список литературы

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Е. М. Акентьева, А. М. Алейникова, Г. В. Алексеев [и др.]. –

Санкт-Петербург : Издательство «Наукоемкие технологии», 2022. – 676 с. – ISBN 978-5-907618-13-8. – EDN JNIXIE.

2. Гармашов, В. М. Аспекты регионального изменения климата в юго-восточной части Центрально-Черноземного региона / В. М. Гармашов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1(139). – DOI 10.23670/IRJ.2024.139.101. – EDN OWAPBF.

3. Макаров, И. А. Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации / И. А. Макаров, А. В. Чернокульский // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2023. – № 4(61). – С. 145-202. – DOI 10.31737/22212264_2023_4_145-202. – EDN LQDYUW.

4. Лебедева, М. Г. Агроклиматическое районирование Белгородской области в условиях меняющегося климата / М. Г. Лебедева, А. Б. Соловьев, О. С. Толстопятова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 9(206). – С. 160-167. – EDN UHUPTX.

5. Дмитриева, В. А. Температурный режим Воронежской области в условиях меняющегося климата / В. А. Дмитриева, А. И. Сушков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2023. – № 2. – С. 56-63. – DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/56-63. – EDN OGSOGP.

6. Дудник, С. Н. Динамика температурного режима на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, Н. А. Галушкина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17, № 6. – С. 1555-1560. – EDN PMDNNN.

7. Несмеянов, А. С. Анализ изменения погодных условий на территории Липецкой области / А. С. Несмеянов, Г. А. Радцевич // Актуальные проблемы природообустройства, кадастра и землепользования : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию факультета землеустройства и кадастров ВГАУ, Воронеж, 02 декабря 2016 года. Том Часть II. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. – С. 116-121. – EDN XQUHCL.

8. Богатырева, М. А. Проявление современных изменений климата на территории Курской области / М. А. Богатырева // Центральный научный вестник. – 2016. – Т. 1, № 16(16). – С. 37-38. – EDN XCTBMR.

9. Оценка статистических характеристик стокообразующих осадков для региона Тамбовской области / В. В. Ильинич, А. И. Белолюбцев, Д. Е. Анохин, Е. В. Береснева // Современные проблемы территориального развития. – 2018. – № 3. – С. 4. – EDN XZTHCP.

10. Лукашова, О. П. Влияние изменения климата на качество поверхностных вод на примере Курской области / О. П. Лукашова, О. И. Головина // Центральный научный вестник. – 2016. – Т. 1, № 1(1). – С. 6-8. – EDN WELKCF.

11. Новикова, И. В. Природно-климатические условия Воронежской области и гидромелиорации / И. В. Новикова, А. А. Матвеева // Мелиорация и водное хозяйство : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.С. Лапшенкова, Новочеркасск, 25–30 сентября 2020 года. Том Выпуск 18. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2020. – С. 77-82. – EDN WWZKQE.

12. Трофименко, Л. Т. Влияние изменений климата на развитие растениеводства в Воронежской области / Л. Т. Трофименко, Н. Н. Коршунова, Л. Н. Аристова // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации - Мирового центра данных. – 2014. – № 178. – С. 25-34. – EDN UOVBPK.

13. Гонеев, И. А. Динамика режима увлажнения Курской области в период с 1980 - 2012 год / И. А. Гонеев, А. И. Есипова // Академическая наука - проблемы и достижения, North Charleston, SC, USA, 07–08 июля 2014 года / н.-и. ц. «Академический». Том 2. – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2014. – С. 14. – EDN SWGDVJ.

14. Лукашова, О. П. Снежный покров лесостепных ландшафтов как показатель климатической устойчивости / О. П. Лукашова // Геоморфология и физическая география Сибири в XXI веке : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, почетного члена Русского географического общества, профессора, доктора географических наук Земцова Алексея Анисимовича, Томск, 18–19 февраля 2020 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2020. – С. 114-118. – EDN WPHYIT.

15. Семенова, А. В. Характеристика снежного покрова на юге Тамбовской области / А. В. Семенова // Державинский форум. – 2021. – Т. 5, № 18. – С. 181-186. – EDN XGRRGH.

16. Щетинин, В. Н. Характеристика временной динамики и пространственного распределения содержания воды в снежном покрове на территории Тамбовской области / В. Н. Щетинин // Эколого-географические проблемы регионов России : материалы VII всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 105-летию со дня рождения исследователя Самарской Луки, к.г.н. Г.В.Обедиентовой, Самара, 15 января 2016 года / отв. ред. И.В.Казанцев. – Самара: Поволжская государственная социально-гуманитарная академия, 2016. – С. 108-111. – EDN VLOBSJ.

17. Серебряков, О. В. Климатические изменения и их воздействия на лесные массивы Воронежской области / О. В. Серебряков // Повышение эффективности лесного комплекса : Материалы Десятой Всероссийской национальной научно-практической конференции, Петрозаводск, 28 апреля 2025 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2025. – С. 144-146. – EDN ZXJVKT.

18. Долгов, С. В. Антропогенные и климатические изменения водных ресурсов в Белгородской области и их последствия / С. В. Долгов, Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова // Степи Северной Евразии : Материалы X международного симпозиума (Международного степного форума), Оренбург, 27 мая – 02 2024 года. – Оренбург: Институт степи УрО РАН Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН, 2024. – С. 384-391. – DOI 10.24412/cl-37200-2024-384-391. – EDN CJENGM.

19. Полякова, Н. В. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Дон в пределах Воронежской области / Н. В. Полякова, А. С. Татарникова, В. В. Косинова // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2019. – № 2(9). – С. 13-16. – EDN OXZCNF.

20. Литвинов, П. В. Характерные особенности современного ледового режима на примере водотоков Липецкой области / П. В. Литвинов // Глобальные экологические проблемы: локальное решение : материалы II Международной научной конференции, Борисоглебск, 16–17 мая 2019 года. – Борисоглебск: Издательство "Перо", 2019. – С. 88-92. – EDN XCVQOU.

21. Хрисанов, В. А. Влияние глобального потепления климата на проявления современных экзогенных процессов на территории Белгородской области / В. А. Хрисанов, С. Н. Колмыков, М. Ю. Полушкин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – Т. 42, № 4. – С. 561-573. – DOI 10.18413/2075-4671-2018-42-4-561-573. – EDN PLTJHN.

22. Чеботарев, П. М. Трансформация деградационных процессов на землях Воронежской области в последние десятилетия / П. М. Чеботарев, О. В. Спесивый, А. Б. Ахтырцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1(28). – С. 173-178. – EDN NXNFLT.

23. Смуров, С. И. Влияние изменений климата на урожайность культур и запасы почвенной влаги / С. И. Смуров, О. В. Григоров, С. Н. Ермолаев // Аграрный вестник Урала. – 2023. – Т. 23, № 6. – С. 35-52. – DOI 10.32417/1997-4868-2023-235-06-35-52. – EDN HGQMNX.

24. Гонеев, И. А. К вопросу о влиянии засухи, как опасного метеорологического явления, на потенциальные возможности деградации ландшафтов в Курской области / И. А.

Гонеев, О. П. Лукашова // Развитие географических исследований в Беларуси в XX-XXI веках : материалы международной научно-практической очно-заочной конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного университета, 60-летию кафедры физической географии и образовательных технологий, 100-летию со дня рождения проф. О. Ф. Якушко, Минск, 24–26 марта 2021 года. – Минск: Белорусский государственный университет, 2021. – С. 113-119. – EDN NTANLE.

25. Модели взаимосвязи между экономическими, почвенными и климатическими показателями в сельском хозяйстве Липецкой области / А. С. Строков, О. А. Макаров, В. Н. Куделин [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2020. – № 2. – С. 23-30. – DOI 10.26178/AE.2020.2019.4.017. – EDN WMEBJM.

26. Полякова, Т. А. Воздействие аномальных агроклиматических явлений на урожайность сельскохозяйственных культур Белгородской области / Т. А. Полякова, А. Б. Соловьев // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях : Материалы VII Международной научной конференции (памяти проф. Петина А.Н.), Белгород, 24–26 октября 2017 года. – Белгород: Издательство «ПОЛИТЕРРА», 2017. – С. 233-236. – EDN TBPLRB.

27. Петин, А. Н. Опасные гидрометеорологические явления на территории Белгородской области в условиях меняющегося климата / А. Н. Петин, М. В. Брыкалова // Вестник научных конференций. – 2017. – № 2-2(18). – С. 81-84. – EDN YIQYPH.

28. Исследование взаимосвязи между заболеваемостью населения и вариациями природно-климатических факторов с учетом географических координат широты местности / С. Н. Носков, О. М. Ступишина, Е. Г. Головина [и др.] // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 435-442. – EDN AGKZTL.

29. Оценка влияния повышения температуры среды на показатели смертности городского населения методом спутникового картирования / Р. В. Бузинов, С. Н. Носков, Г. Б. Еремин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2024. – Т. 103, № 8. – С. 776-783. – DOI 10.47470/0016-9900-2024-103-8-776-783. – EDN IPVPOY.

30. Лисовская, Т. М. Влияние климатических изменений на распространение дирофиляриозана территории Курской области / Т. М. Лисовская, Н. С. Малышева // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2024. – № 25. – С. 236-240. – DOI 10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.236-240. – EDN JBJUKH.

31. Бабина, Е. Д. Изменения интенсивности колебаний суточной температуры воздуха в диапазонах внутримесячной изменчивости на территории России в 1970–2018 гг / Е. Д.

Бабина, В. А. Семенов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86, № 4. – С. 528-546. – DOI 10.31857/S2587556622030049. – EDN ZBYFLO.

32. Жидовцева, С. А. Пространственный анализ риска подтопления городских территорий / С. А. Жидовцева, А. А. Саянов, Е. И. Голубева // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2025. – № 1-1(57). – С. 89-99. – DOI 10.24412/2076-9091-2025-157-89-99. – EDN FSHLPR.

33. Серебряков, О. В. Влияние климатических факторов на накопление тяжелых металлов в почвах лесной региональной системы Воронежской области / О. В. Серебряков, Н. Л. Прохорова // Материалы Всероссийской молодежной конференции, посвященной международному Дню земли - 2025 : Материалы конференции, Воронеж, 22 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 144-151. – DOI 10.58168/EarthDay2025_144-151. – EDN CEMEKU.

References

1. Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation / E. M. Akentyeva, A. M. Aleinikova, G. V. Alekseev [et al.]. – St. Petersburg: Science-Intensive Technologies Publishing House, 2022. – 676 p. – ISBN 978-5-907618-13-8. – EDN JNIXIE.

2. Garmashov, V. M. Aspects of Regional Climate Change in the Southeastern Part of the Central Black Earth Region / V. M. Garmashov // International Research Journal. – 2024. – No. 1(139). – DOI 10.23670/IRJ.2024.139.101. – EDN OWAPBF.

3. Makarov, I. A. The Impact of Climate Change on the Russian Economy: Ranking of Regions by Adaptation Needs / I. A. Makarov, A. V. Chernokulsky // Journal of the New Economic Association. - 2023. - No. 4 (61). - P. 145-202. - DOI 10.31737/22212264_2023_4_145-202. - EDN LQDYUW.

4. Lebedeva, M. G. Agroclimatic zoning of the Belgorod Region in a Changing Climate / M. G. Lebedeva, A. B. Soloviev, O. S. Tolstopiatova // Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Natural Sciences. - 2015. - No. 9 (206). - P. 160-167. - EDN UHUPTX.

5. Dmitrieva, V. A. Temperature regime of the Voronezh region under conditions of changing climate / V. A. Dmitrieva, A. I. Sushkov // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. - 2023. - No. 2. - P. 56-63. - DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/56-63. - EDN OGSOGP.

6. Dudnik, S. N. Dynamics of the temperature regime in the Tambov region / S. N. Dudnik, M. E. Bukovsky, N. A. Galushkina // Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical sciences. - 2012. - Vol. 17, No. 6. - P. 1555-1560. – EDN PMDNNN.

7. Nesmeyanov, A. S. Analysis of changing weather conditions in the Lipetsk region / A. S. Nesmeyanov, G. A. Radtsevich // Actual problems of nature management, cadastre and land use: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the faculty of land management and cadastres of Voronezh State Agrarian University, Voronezh, December 2, 2016. Volume Part II. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2016. - Pp. 116-121. - EDN XQUHCL.

8. Bogatyreva, M. A. Manifestation of modern climate changes in the Kursk region / M. A. Bogatyreva // Central scientific bulletin. - 2016. - Vol. 1, No. 16 (16). – P. 37-38. – EDN XCTBMR.

9. Assessment of statistical characteristics of runoff-forming precipitation for the Tambov region / V. V. Ilyinich, A. I. Belolyubtsev, D. E. Anokhin, E. V. Beresneva // Modern problems of territorial development. – 2018. – No. 3. – P. 4. – EDN XZTHCP.

10. Lukashova, O. P. The impact of climate change on the quality of surface waters: the example of the Kursk region / O. P. Lukashova, O. I. Golovina // Central Scientific Bulletin. – 2016. – Vol. 1, No. 1(1). – P. 6-8. – EDN WELKCF.

11. Novikova, I. V. Natural and climatic conditions of the Voronezh region and hydromelioration / I. V. Novikova, A. A. Matveeva // Land reclamation and water management: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (Shumakov readings) dedicated to the 95th anniversary of the birth of Professor V. S. Lapshenkov, Novocherkassk, September 25-30, 2020. Volume Issue 18. - Novocherkassk: OOO "Lik", 2020. - Pp. 77-82. - EDN WWZKQE.

12. Trofimenko, L. T. The impact of climate change on the development of crop production in the Voronezh region / L. T. Trofimenko, N. N. Korshunova, L. N. Aristova // Transactions of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center. – 2014. – No. 178. – P. 25-34. – EDN UOVBPK.

13. Goneev, I. A. Dynamics of the moisture regime in Kursk region in the period from 1980 to 2012 / I. A. Goneev, A. I. Esipova // Academic Science - Problems and Achievements, North Charleston, SC, USA, July 7–8, 2014 / Research Center "Academic". Vol. 2. – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2014. – P. 14. – EDN SWGDVJ.

14. Lukashova, O. P. Snow cover of forest-steppe landscapes as an indicator of climate stability / O. P. Lukashova // Geomorphology and physical geography of Siberia in the 21st century: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Member of the Russian Geographical Society, Professor, Doctor of Geographical Sciences Aleksey Anisimovich Zemtsov, Tomsk, February 18–19, 2020. – Tomsk: National Research Tomsk State University, 2020. – Pp. 114–118. – EDN WPHYIT.

15. Semenova, A. V. Characteristics of snow cover in the south of Tambov Oblast / A. V. Semenova // Derzhavin Forum. – 2021. – Vol. 5, No. 18. – Pp. 181-186. – EDN XGRRGH.

16. Shchetinin, V. N. Characteristics of the temporal dynamics and spatial distribution of water content in snow cover in the Tambov region / V. N. Shchetinin // Ecological and geographical problems of the regions of Russia: Proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 105th anniversary of the birth of the researcher of the Samara Bend, Ph.D. in Geographical Sciences G. V. Obedientova, Samara, January 15, 2016 / ed. I. V. Kazantsev. - Samara: Volga State Social and Humanitarian Academy, 2016. - Pp. 108-111. - EDN VLOBSJ.

17. Serebryakov, O. V. Climate change and its impact on forest areas of the Voronezh region / O. V. Serebryakov // Increasing the efficiency of the forest complex: Proceedings of the Tenth All-Russian National Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, April 28, 2025. - Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2025. - Pp. 144-146. - EDN ZXJVKT.

18. Dolgov, S. V. Anthropogenic and climatic changes in water resources in the Belgorod region and their consequences / S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, E. A. Barabanova // Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the X International Symposium (International Steppe Forum), Orenburg, May 27, 2024. – Orenburg: Steppe Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024. – pp. 384-391. – DOI 10.24412/cl-37200-2024-384-391. – EDN CJENGM.

19. Polyakova, N. V. The Impact of Climate Change on the Hydrological Regime of the Don River within the Voronezh Region / N. V. Polyakova, A. S. Tatarnikova, V. V. Kosinova // Models and Technologies of Nature Management (Regional Aspect). – 2019. – No. 2(9). – pp. 13-16. – EDN OXZCNF.

20. Litvinov, P. V. Characteristic features of the modern ice regime on the example of watercourses of the Lipetsk region / P. V. Litvinov // Global environmental problems: local solution: Proceedings of the II International scientific conference, Borisoglebsk, May 16-17, 2019. - Borisoglebsk: Pero Publishing House, 2019. - Pp. 88-92. - EDN XCVQOU.

21. Khrisanov, V. A. The impact of global warming on the manifestations of modern exogenous processes in the Belgorod region / V. A. Khrisanov, S. N. Kolmykov, M. Yu. Polushkin // Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: Natural sciences. - 2018. - Vol. 42, No. 4. - Pp. 561-573. – DOI 10.18413/2075-4671-2018-42-4-561-573. – EDN PLTJHN.

22. Chebotarev, P. M. Transformation of degradation processes on the lands of the Voronezh region in recent decades / P. M. Chebotarev, O. V. Spesivy, A. B. Akhtyrtsev // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2011. – No. 1 (28). – P. 173-178. – EDN NXNFLT.

23. Smurov, S. I. The impact of climate change on crop yields and soil moisture reserves / S. I. Smurov, O. V. Grigorov, S. N. Ermolaev // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2023. – V. 23, No. 6. – P. 35-52. – DOI 10.32417/1997-4868-2023-235-06-35-52. – EDN HGQMNX.

24. Goneev, I. A. On the Impact of Drought, as a Dangerous Meteorological Phenomenon, on the Potential for Landscape Degradation in the Kursk Region / I. A. Goneev, O. P. Lukashova // Development of Geographical Research in Belarus in the 20th-21st Centuries: Proceedings of the International Scientific and Practical In-Person and Correspondence Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Belarusian State University, the 60th Anniversary of the Department of Physical Geography and Educational Technologies, and the 100th Anniversary of the Birth of Prof. O. F. Yakushko, Minsk, March 24–26, 2021. – Minsk: Belarusian State University, 2021. – Pp. 113-119. – EDN NTANLE.

25. Models of the relationship between economic, soil and climatic indicators in agriculture of the Lipetsk region / A. S. Strokov, O. A. Makarov, V. N. Kudelin [et al.] // Problems of Agrochemistry and Ecology. – 2020. – No. 2. – Pp. 23-30. – DOI 10.26178/AE.2020.2019.4.017. – EDN WMEBJM.

26. Polyakova, T. A. Impact of abnormal agroclimatic phenomena on the yield of agricultural crops in the Belgorod region / T. A. Polyakova, A. B. Soloviev // Problems of nature management and the environmental situation in European Russia and adjacent territories: Proceedings of the VII International Scientific Conference (in memory of Prof. A.N. Petin), Belgorod, October 24–26, 2017. – Belgorod: POLITERRA Publishing House, 2017. – Pp. 233–236. – EDN TBPLRB.

27. Petin, A. N. Dangerous hydrometeorological phenomena in the Belgorod region under changing climate conditions / A. N. Petin, M. V. Brykalova // Bulletin of scientific conferences. – 2017. – No. 2-2(18). – Pp. 81–84. – EDN YIQYPH.

28. Study of the relationship between population morbidity and variations in natural and climatic factors, taking into account the geographical coordinates of the area's latitude / S. N. Noskov, O. M. Stupishina, E. G. Golovina [et al.] // Health is the basis of human potential: problems and solutions. - 2022. - Vol. 17, No. 1. - Pp. 435-442. - EDN AGKZTL.

29. Assessing the Impact of Increasing Environmental Temperature on Urban Mortality Rates Using Satellite Mapping / R. V. Buzinov, S. N. Noskov, G. B. Eremin [et al.] // Hygiene and Sanitation. - 2024. - Vol. 103, No. 8. - Pp. 776-783. - DOI 10.47470/0016-9900-2024-103-8-776-783. - EDN IPVPOY.

30. Lisovskaya, T. M. The Impact of Climate Change on the Spread of Dirofilariasis in the Kursk Region / T. M. Lisovskaya, N. S. Malysheva // Theory and Practice of Fighting Parasitic

Diseases. - 2024. - No. 25. - Pp. 236-240. – DOI 10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.236-240. – EDN JBJUKH.

31. Babina, E. D. Changes in the intensity of daily air temperature fluctuations in the ranges of intra-monthly variability in Russia in 1970–2018 / E. D. Babina, V. A. Semenov // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series. – 2022. – Vol. 86, No. 4. – Pp. 528–546. – DOI 10.31857/S2587556622030049. – EDN ZBYFLO.

32. Zhidovtseva, S. A. Spatial analysis of the risk of flooding of urban areas / S. A. Zhidovtseva, A. A. Sayanov, E. I. Golubeva // Bulletin of Moscow State Pedagogical Univ. Series: Natural Sciences. - 2025. - No. 1-1 (57). - P. 89-99. - DOI 10.24412 / 2076-9091-2025-157-89-99. - EDN FSHLPR.

33. Serebryakov, O. V. Influence of climatic factors on the accumulation of heavy metals in soils of the forest regional system of the Voronezh Region / O. V. Serebryakov, N. L. Prokhorova // Proceedings of the All-Russian youth conference dedicated to the International Earth Day - 2025: Conference materials, Voronezh, April 22, 2025. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, 2025. – P. 144-151. – DOI 10.58168/EarthDay2025_144-151. – EDN CEMEKU.

УДК 712.4:711.4
DOI: 10.58168/EnvPr2026_141-145

АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОГО СКВЕРА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ СКВЕРА ВОРОШИЛОВА Г. ВОРОНЕЖ)

ARCHITECTURAL AND LANDSCAPE ORGANIZATION OF A PUBLIC GARDEN AS A TOOL FOR SUSTAINABLE TERRITORIAL DEVELOPMENT (CASE STUDY OF VOROSHILOV PUBLIC GARDEN, VORONEZH)

Новиков В.А., кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Novikov V.A., candidate of biological sciences, associate professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлены результаты проектирования благоустройства и озеленения сквера Ворошилова в г. Воронеж. Проведён предпроектный анализ, включающий оценку природно-климатических условий, градостроительной ситуации, существующей растительности и санитарно-гигиенического состояния территории. На основе анализа разработано архитектурно-планировочное решение, включающее функциональное зонирование, формирование дорожно-тропиночной сети, подбор ассортимента древесных, кустарниковых и травянистых растений, а также размещение малых архитектурных форм. Обоснованы технологические этапы создания и содержания объектов озеленения. Выполнен экономический расчёт, показавший, что общая стоимость реализации проекта составляет 14,06 млн руб. Предложенные решения направлены на создание комфортной, эстетически выразительной и экологически устойчивой городской среды.

Abstract: The article presents the results of the improvement and landscaping design of Voroshilov public garden in Voronezh. A pre-design analysis was carried out, including assessment of natural and climatic conditions, urban planning situation, existing vegetation and sanitary-hygienic state of the territory. Based on the analysis, an architectural and planning solution was developed, including functional zoning, formation of a path and road network, selection of assortment of tree, shrub and herbaceous plants, as well as placement of small architectural forms. Technological stages of creation and maintenance of landscaping objects are substantiated. An economic calculation was made, showing that the total cost of the project implementation is 14.06 million rubles. The proposed solutions are aimed at creating a comfortable, aesthetically expressive and environmentally sustainable urban environment.

Ключевые слова: благоустройство, озеленение, сквер, городская среда, ассортимент растений, ландшафтная архитектура, устойчивое развитие.

Keywords: improvement, landscaping, public garden, urban environment, plant assortment, landscape architecture, sustainable development.

Введение. Современные тенденции градостроительства акцентируют внимание на необходимости формирования комфортной и экологически безопасной городской среды.

© Новиков В. А., 2026

Одним из ключевых элементов такой среды являются озеленённые территории общего пользования – парки, скверы, бульвары. Они выполняют важные рекреационные, санитарно-гигиенические и эстетические функции, способствуют улучшению микроклимата, снижению уровня шума и загазованности. Особое значение приобретает реконструкция существующих зелёных зон, расположенных в жилых массивах, с учётом современных стандартов благоустройства и запросов населения [1].

Объектом исследования является сквер Ворошилова в городе Воронеж – территория, прилегающая к жилой застройке и магистральной улице. Цель работы – разработка архитектурно-ландшафтной организации территории сквера, направленной на повышение комфортности пребывания посетителей, эстетическое обогащение среды и создание благоприятных условий для отдыха.

Задачи исследования включают: анализ природно-климатических и градостроительных условий, оценку состояния существующих насаждений, функциональное зонирование территории, подбор ассортимента растений, адаптированных к городской среде, проектирование дорожно-тропиночной сети и малых архитектурных форм, определение технологических этапов работ и экономических затрат.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено с использованием комплексного подхода, включающего методы натурного обследования, ландшафтного анализа, графоаналитического моделирования и экономических расчётов. Предпроектный анализ проведён на основе топографической съёмки, данных о природно-климатических условиях г. Воронежа [2], а также существующих нормативных документов [3, 4]. Оценка состояния древесно-кустарниковой растительности выполнялась по методикам, принятым в садово-парковом строительстве [5].

Результаты и обсуждение. Сквер Ворошилова расположен в Центральном районе г. Воронежа вдоль одноимённой улицы. Общая площадь участка составляет 2,24 га. Климат – умеренно-континентальный, со средней температурой июля +20,6 °С, января –8,5 °С. Среднегодовое количество осадков – 520–550 мм. Почвенный покров представлен выщелоченными чернозёмами, что благоприятно для произрастания большинства древесных пород.

Территория относится к объектам озеленения общего пользования. Прилегающая застройка – многоквартирные жилые дома, что определяет высокую посещаемость сквера. Существующая дорожно-тропиночная сеть имеет твёрдое покрытие из бетонной плитки, частично разрушенное. На момент обследования на участке произрастало 213 деревьев, преимущественно вяз мелколистный (117 шт.), берёза повислая (24 шт.), клён остролистный (35 шт.) и ясенелистный (20 шт.), тополь белый (6 шт.) и пирамидальный (11 шт.). Состояние

большей части деревьев оценено как удовлетворительное, однако для многих требуется санитарная обрезка. Кустарниковые и цветочные насаждения отсутствуют. Территория частично захламлена, имеется сорная растительность. Санитарно-гигиеническая оценка участка соответствует II классу (сравнительно хорошее состояние), эстетическая – также II классу.

На основе проведённого анализа предложено функциональное зонирование территории: прогулочная зона (20 414 м², 90% от общей площади) и зона кратковременного отдыха (2 000 м², 10%). В прогулочной зоне предусмотрена реконструкция существующей дорожно-тропиночной сети: общая площадь твёрдого покрытия (тротуарная плитка) составит 5 197 м², гравийная отсыпка – 223 м². Установлены бордюры протяжённостью 3 000 м. Для обеспечения доступности маломобильных групп населения предусмотрены пандусы и тактильные указатели.

Проектируемый ассортимент растений подобран с учётом экологических условий, декоративных качеств и устойчивости к городской среде. Древесные породы представлены липой мелколистной (Tilia cordata) для рядовой посадки вдоль аллеи (24 шт.), сосной обыкновенной (Pinus sylvestris) (40 шт.) и елью обыкновенной (Picea abies) (13 шт.) в качестве солитеров, туей западной (Thuja occidentalis) (3 шт.). Из кустарников использована гортензия метельчатая «Grandiflora» (Hydrangea paniculata «Grandiflora») (92 шт.) для создания мономассивов. Основной акцент сделан на многолетние травянистые растения: вейник коротковолосистый (Calamagrostis brachytricha) (1265 шт.), молиния тростниковая «Karl Foerster» (Molinia arundinacea «Karl Foerster») (1660 шт.), ковыль вейниковый (Stipa calamagrostis) (1155 шт.), луговик дернистый (Deschampsia cespitosa) (740 шт.), эхинацея пурпурная (Echinacea purpurea) (930 шт.), астильба Арендса «Diamant» (Astilbe arendsii «Diamant») (2040 шт.). Общая площадь озеленения составит 16 980 м² (75,8% территории). Посадочная ведомость включает 41 дерево, 26 кустарников и 7 790 цветочных растений.

Малые архитектурные формы представлены скамьями (17 шт.), урнами (17 шт.), фонарными столбами (40 шт.). Все элементы выполнены из материалов, устойчивых к неблагоприятным погодным условиям и механическим воздействиям.

Реализация проекта включает этапы: инженерную подготовку территории (планировка рельефа, устройство дренажа), строительство дорожек и площадок (укладка геосетки, щебёночного основания, бетонной тротуарной плитки), подготовку посадочных мест, посадку древесно-кустарниковых и цветочных растений, устройство газона, установку малых архитектурных форм [2].

Посев газона выполняется травосмесью из овсяницы овечьей и мятлика лугового (50:50) с нормой высева 113 кг/га. Технология посадки многолетников предусматривает

предварительное рыхление почвы, соблюдение расстояний (10–30 см в зависимости от вида), регулярный полив. Уход за насаждениями включает полив, рыхление, прополку, санитарную обрезку, скашивание газона, аэрацию, внесение удобрений, а также уборку и сезонную окраску скамеек и урн.

Сметная стоимость работ определена на основании локальных сметных расчётов. Общая стоимость реализации проекта составила 14060148 руб., включая затраты на основные материалы (3612734 руб.), фонд оплаты труда (7499175 руб.), накладные расходы (2109389 руб.) и плановые накопления (838850 руб.). Значительная доля затрат приходится на устройство тротуарного покрытия (2858350 руб.) и посадку цветочных растений (584750 руб.). Полученная стоимость сопоставима с типовыми проектами благоустройства городских скверов и может быть оптимизирована при привлечении средств муниципального бюджета и внебюджетных источников.

Заключение. В результате выполнения работы разработан проект благоустройства и озеленения сквера Ворошилова в г. Воронеж, основанный на комплексном предпроектном анализе. Предложенные архитектурно-планировочные решения обеспечивают функциональное зонирование территории, формирование удобной дорожно-тропиночной сети, обновление насаждений с использованием устойчивых и декоративных пород, а также создание комфортных зон отдыха. Реализация проекта позволит повысить экологическую эффективность территории, улучшить её эстетическое восприятие, увеличить рекреационную ёмкость и безопасность пребывания посетителей. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании аналогичных объектов в условиях средней полосы России.

Список литературы

1. Кругляк, В. В. Система озеленения мегаполиса Воронежа / В. В. Кругляк, А. К. Разинкова // Теория и практика инновационных технологий в АПК : Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 01 апреля – 31 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, 2025. – С. 98-103. – EDN WVTCIY.ГОСТ Р 52169-2012. Оборудование и покрытия детских игровых площадок. Безопасность конструкции и методы испытаний. Общие требования. – М. : Стандартинформ, 2013. – 24 с.

2. Кочергина, М. В. К проблеме реконструкции скверов в городе Воронеже / М. В. Кочергина, Е. С. Фурменкова, М. С. Зимарин // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry - 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский

государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 55-62. – DOI 10.58168/Forestry2023_55-62. – EDN PENZDW.

3. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. – М. : Минздрав России, 2003. – 19 с.

4. Сокольская, О. Б. Специализированные объекты ландшафтной архитектуры: проектирование, строительство, содержание : учебное пособие / О. Б. Сокольская, В. С. Теодоронский. – Санкт-Петербург : ООО «Издательство ЛАНЬ», 2025. – 708 с. – ISBN 978-5-507-50805-1. – EDN SKGCLK.

5. Фатиев, М. М. Строительство и эксплуатация объектов городского озеленения / М. М. Фатиев, В. С. Теодоронский. – Москва : Издательский Дом «Инфра-М», 2023. – 238 с. – (Высшее образование: бакалавриат). – ISBN 978-5-16-013099-6. – EDN KSDFLE.

References

1. Kruglyak, V. V. Greenery System of the Voronezh Metropolis / V. V. Kruglyak, A. K. Razinkova // Theory and Practice of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 1 – 31, 2025. – Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2025. – P. 98–103. – EDN WVTCIY. GOST R 52169-2012. Playground equipment and surfacing. Structural safety and test methods. General requirements. – Moscow: Standartinform, 2013. – 24 p.

2. Kochergina, M. V. On the Issue of Reconstructing Public Gardens in the City of Voronezh / M. V. Kochergina, E. S. Furmenkova, M. S. Zimarin // Protection, Innovative Restoration, and Sustainable Forest Management. Forestry - 2023 : Proceedings of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: G. F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, 2023. – P. 55-62. – DOI 10.58168/Forestry2023_55-62. – EDN PENZDW.

3. SanPiN 2.1.7.1287-03. Sanitary and Epidemiological Requirements for Soil Quality. – Moscow: Ministry of Health of Russia, 2003. – 19 p.

4. Sokolskaya, O. B. Specialized Landscape Architecture Sites: Design, Construction, and Maintenance : A Textbook / O. B. Sokolskaya, V. S. Teodoronsky. – Saint Petersburg : LAN Publishing House LLC, 2025. – 708 p. – ISBN 978-5-507-50805-1. – EDN SKGCLK.

5. Fatiev, M. M. Construction and Maintenance of Urban Green Spaces / M. M. Fatiev, V. S. Teodoronsky. – Moscow : Infra-M Publishing House, 2023. – 238 p. – (Higher Education: Bachelor's Degree). – ISBN 978-5-16-013099-6. – EDN KSDFLE.

УДК 630*232.13
DOI: 10.58168/EnvPr2026_146-153

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТА У БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ И БЕРЁЗЫ ПУШИСТОЙ

VARIABILITY OF THE MAIN LEAF CHARACTERISTICS IN THE SAGITTARY AND FUR-SHAPED BIRCH

Павлова К. И., студент 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Пелих А.Н., студент 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Исаков И.Ю., к.с\х.н., доцент, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Pavlova K. I., 3rd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Pelikh A.N., 3rd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Isakov I.Y., PhD in Agriculture, Associate Professor, Professor at the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. В статье исследуется морфологическая изменчивость листовых пластинок двух видов берёз - березы повислой (*Betula pendula*) и березы пушистой (*Betula pubescens*). На основе детального анализа линейных характеристик листьев (длина и ширина пластинки, длина черешка и др.) показаны различия между видами, а также между диплоидными и тетраплоидными формами. Изучена изменчивость признаков у гибридов, полученных от скрещивания берёзы повислой и берёзы пушистой. Результаты проведенной работы свидетельствуют о низком уровне изменчивости длины листовой пластинки, что позволяет рассматривать её как стабильный морфологический маркер для видовой идентификации. Отдельное внимание уделено влиянию инбридинга на морфологию листьев у селекционных форм. Показано, что реакция на однократный инбридинг варьирует от выраженной инбредной депрессии до полной устойчивости в зависимости от генотипа. Полученные в ходе работы данные подчёркивают значимость классических морфологических методов в сочетании с молекулярно-генетическими подходами для изучения таксономии и селекции берёз. Сделан вывод о необходимости дополнения морфологического анализа методами анализа экспрессии генов для более глубокого понимания механизмов изменчивости и наследования признаков.

Abstract. The article studies the morphological variability of the leaf blades of two species of birches: the pendulous birch (Betula pendula) and the pubescent birch (Betula pubescens). Based on a detailed analysis of the linear characteristics of the leaves (length and width of the blade, length of the petiole, etc.), the differences between the species, as well as between the diploid and tetraploid forms, are shown. The variability of traits in hybrids obtained by crossing the pendulous birch and the pubescent birch is studied. The results of this work indicate a low level of variability in the length of the leaf blade, which allows it to be considered as a stable morphological marker for species identification. Special attention was paid to the effect of inbreeding on the morphology of leaves in selected forms. It

© Павлова К. И., Пелих А. Н., Исаков Ю. И., 2026

was shown that the response to single inbreeding varies from pronounced inbreeding depression to complete resistance, depending on the genotype. The data obtained during the work highlight the importance of classical morphological methods in combination with

Ключевые слова*:* береза пушистая, изменчивость, листовая пластинка, селекция, генетический маркер.

Keywords: downy birch, variability, leaf blade, selection, genetic marker.

Лиственные древесные породы демонстрируют выраженный полиморфизм вегетативных и генеративных органов. Систематическая таксономия опирается на ряд критериев для видовой идентификации, среди которых форма листовой пластинки и ее морфологические особенности занимают важное место. Данный признак, в свою очередь, подвержен внутривидовой вариабельности. Несмотря на то, что в роде Betula L. предлагается до 120 видов, такая таксономическая схема представляется гипертрофированной. Комплексность изучения приведенных признаков в видовых характеристиках зачастую недостаточна. На внутривидовом уровне организации организмов изменчивость вегетативных органов обычно превышает изменчивость генеративных органов, а значения коэффициента изменчивости признаков листовой пластинки и генеративных органов наименее изменчивы. В генетико-селекционной практике актуальным и весьма полезным научным инструментом являются морфологические маркеры, многие из которых генетически сцеплены с важными хозяйственно значимыми и агрономическими признаками, что позволяет значительно удешевить и упростить получение новых генетически- и селекционно-значимых форм [6, с.1366-1377]. Эпигенетическая теория эволюции – холистическая теория эволюции (предложена М.А. Шишкиным), основанная на представлении о том, что эволюционный процесс осуществляется за счет адаптивных перестроек целостной эпигенетической системы развития, а не путем изменения частот генов или генотипов, детерминирующих признаки и фенотипы.

Согласно исследованиям Магомедмирзаева (1990), у березы наблюдается четыре типа побегов: долголетние вегетативные побеги (долихобласты); долголетние генеративные побеги с мужскими соцветиями (серёжками); короткие вегетативные побеги (брахибласты); короткие генеративные побеги с женскими соцветиями (серёжками).

Классический генетический маркер соответствует гену, аллели которого имеют четко выраженные отличия на уровне фенотипа. Белковый маркер соответствует гену, аллели которого имеют отличия (разную молекулярную массу) на уровне белкового продукта. Молекулярный маркер соответствует гену или некодирующему участку генома, разные варианты (аллели) которого отличаются на уровне ДНК [4, с.1044-10]. Методы

молекулярной генетики не могут полностью вытеснить классические подходы, но способны эффективно их дополнить.

Материалы и методы. В качестве растительного материала использовались гербарные экземпляры листьев 5 модельных деревьев берёзы повислой и 5 модельных деревьев берёзы пушистой, отобранных в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике им. В.М. Пескова. Эти деревья стали первичными растениями для дальнейших генетико-селекционных работ для получения деревьев второй генерации (F2). Замерялись следующие линейные характеристики листьев берёз (1-8 в мм, 9 - в град.): 1. Длина черешка, 2. Длина листовой пластинки (л.п.), 3. Ширина л. п. в самой широкой части листа, 4. Ширина л. п. в средней части, 5. Ширина л. п. на расстоянии 1/3 от верхушки, 6. Расстояние от основания до самой широкой части л.п., 7. Расстояние между окончаниями 2 и 3 жилок, 8. Количество зубцов между 2 и 3 жилками, 9. Угол между 1 боковой и центральной жилками.

Результаты нескольких замеров указанных характеристик признаков листьев берёзы пушистой показаны на рисунках 1-2.

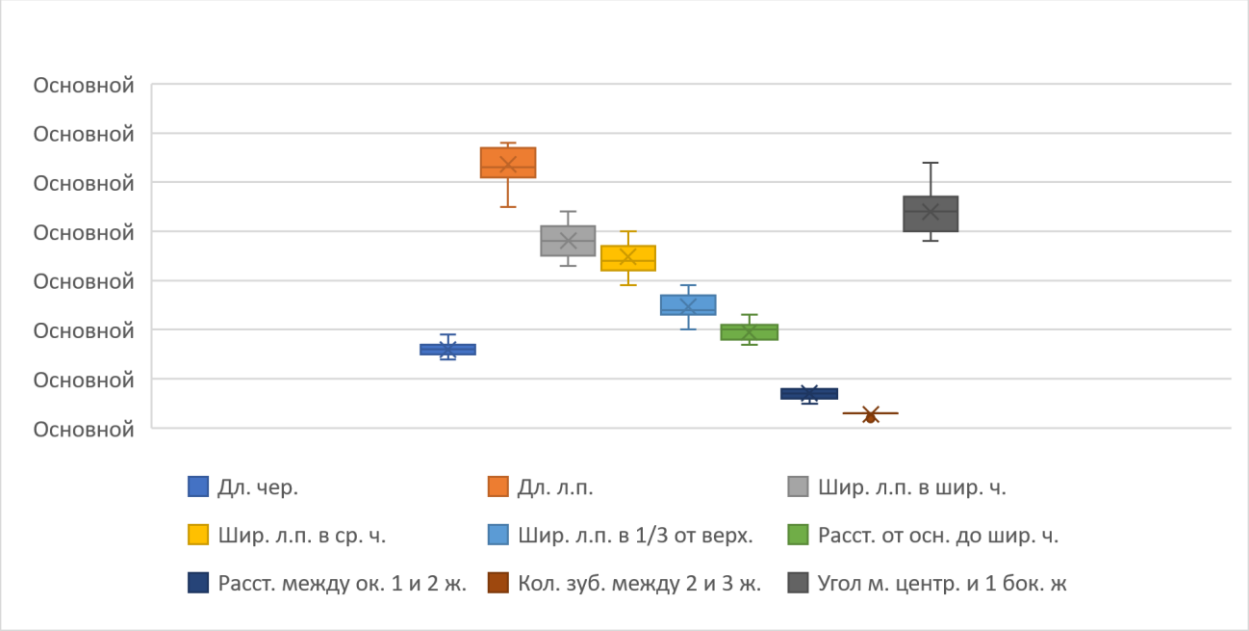


Рис. 1 Изменчивость признаков листьев дерева Б-1.

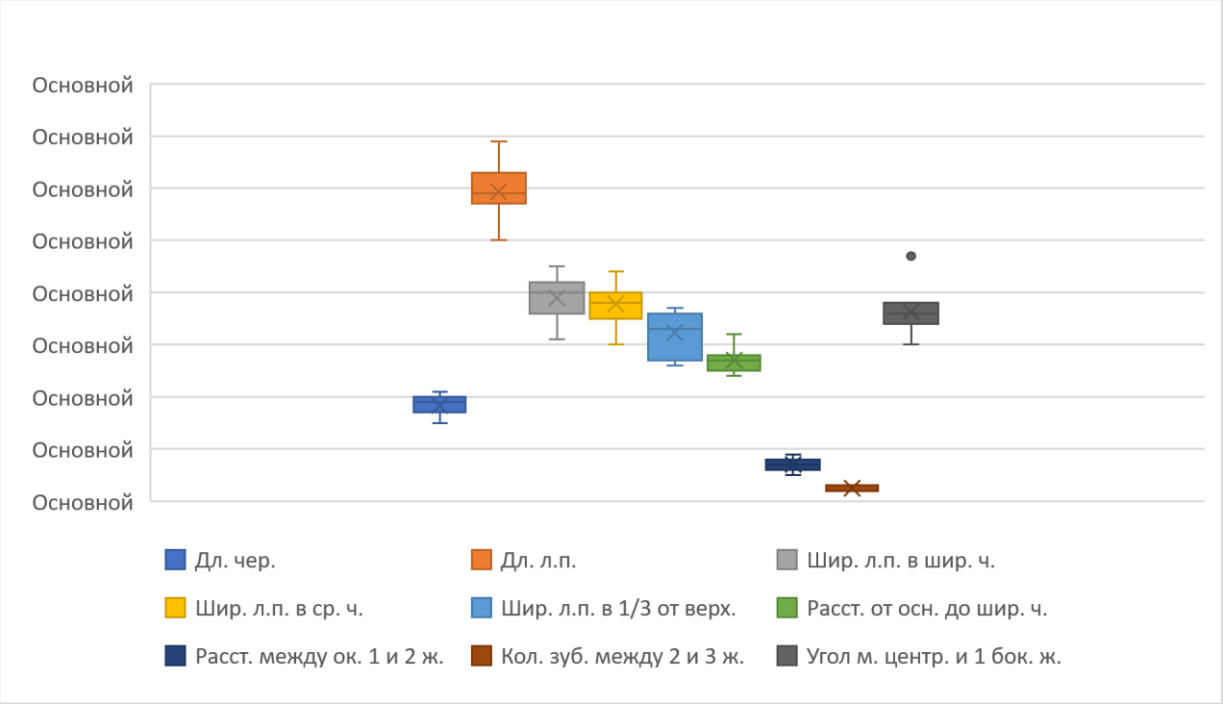


Рис. 2 Изменчивость признаков листьев дерева Б-2.

Результаты нескольких замеров указанных характеристик признаков листьев берёзы повислой показаны на рисунках 3-4.

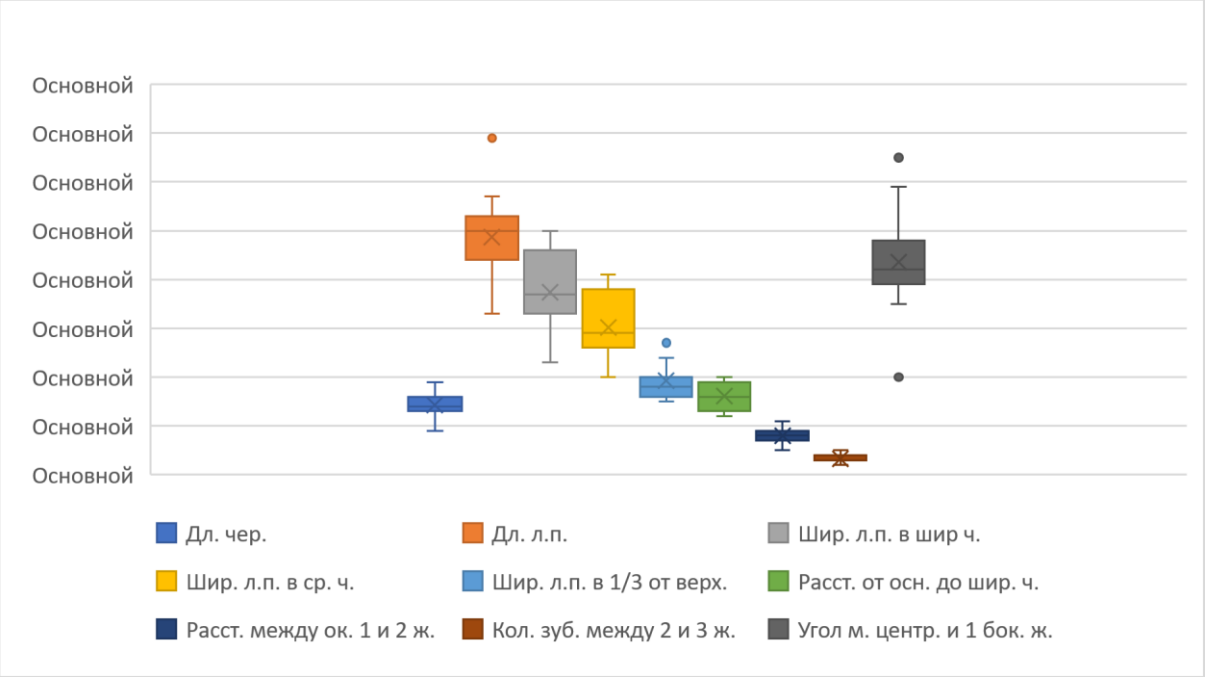


Рис. 3 Изменчивость признаков листьев дерева С-1.

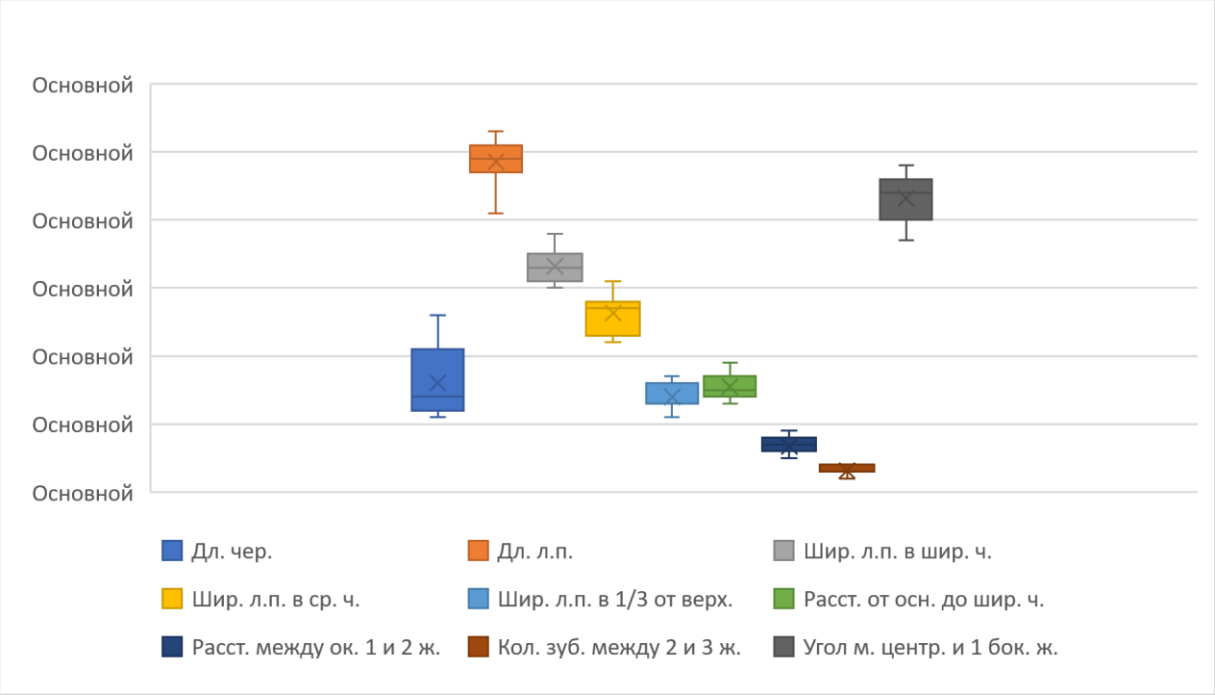


Рис. 4 Изменчивость признаков листьев дерева С-2.

Визуально видно, что наиболее стабильной характеристикой является длина листовой пластинки, а также наблюдается низкий уровень изменчивости всех признаков. Сравнивая две группы, можно отметить большую вариабельность показателей у березы повислой по сравнению с березой пушистой.

Репродуктивная биология древесных растений является неотъемлемой составляющей для становления и развития пространственно-функциональной структуры популяций [5, с.82-83]. В недавних исследованиях, проведенных в Северной Европе отмечается обширная морфологическая изменчивость полиплоидного вида березы (береза пушистая), среди культурных растений того же климатического района. Доля полиплоидных растений в общевидовом составе достигает 75 – 80 % [1]. Таким образом, возникновение полиплоидных видов может рассматриваться как ответная реакция организма на внезапно изменившиеся окружающие условия с последующим закреплением такого генотипа наследственно[2]. Были исследованы искусственные гибриды, полученные при скрещивании Betula pendula Roth (береза повислая, диплоид) и Betula pubescens Ehrh. (береза пушистая, тетраплоид). Были замерены некоторые линейные характеристики листовой пластинки, длины черешка и диаметры пыльцевых зерен у этих гибридов и нескольких жизненных форм карельской березы (Betula pendula var. carelica Merkl.) и гибридов местных видов с интродуцированным видом (Betula albos-sinensis Burk.). Листья были собраны с укороченных побегов, поскольку они являются более генетически детерминированными, возраст деревьев – 18 лет. Замерялись следующие характеристики листовых пластинок (л. пл.): длина черешка; длина

листовой пластинки; ширина листовой пластинки в самом широком месте; ширина в средней части листовой пластинки; расстояние от основания до самого широкого места листовой пластинки. А также несколько соотношений признаков: 1-4, 1-3, 1-5. Материал обрабатывался статистически (n = 15) т.е. определялись значения коэффициента вариации C_v, среднего значения признака и его ошибки $M \pm м_x$, стандартного отклонения σ. В опыте задействованы 5 модельных деревьев березы повислой (С), 5 модельных деревьев березы пушистой (Б), а также 7 гибридных деревьев. Рассматриваются указанные признаки дерева С-4 и Б-1. Результаты замеров признаков листа представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Средние характеристики признаков листовой пластинки у материнских деревьев С – 4 и Б – 1, и их гибрида F_1.

Индекс дерева	**Признак листовой пластинки**										**Признак-отношение**		
	1	C_v	2	C_v	3	C_v	4	C_v	5	C_v	1/4	1/3	1/5
С-4	1,5±0,1	17	5,3±0,1	11	4,4±0,2	17	3,7±0,2	20	1,7±0,1	18	1,4	3,5	1,2
Б-1	1,6±0,1	10	5,4±0,1	7	3,8±0,1	9	3,5±0,1	9	1,9±0,1	9	1,5	3,3	1,4
F_1	2,2±0,1	15	5,3±0,2	12	4,0±0,1	14	3,4±0,1	15	1,8±0,1	21	1,5	2,4	1,3

Из пяти рассмотренных признаков листовой пластинки березы повислой наибольшим значением C_v характеризуется признак «ширина л. пл. в широком месте» (20 %), наименьшим – «длина л. пл.» (11 %). В целом все эти признаки березы повислой проявляют невысокий уровень изменчивости. У березы пушистой (тетраплоид) наблюдаются пониженные значения коэффициента изменчивости по сравнению с диплоидным видом (не более 10 %); минимальным значением (7 %) – так же, как и у березы повислой – обладал признак «длина листовой пластинки», максимальным значением (10 %) – «длина черешка».

Проведён также анализ линейных размеров листьев по 10 признакам у деревьев березы повислой, полученных при самоопылении и при свободном опылении. Сбор листьев произведен 16.08.1998 (возраст деревьев – 17 лет). Прямые признаки листа: 1. Длина листовой пластинки (л. пл.); 2. Длина л.пл. с черешком; 3. Длина черешка; 4. Ширина в средней части л.пл.; 5. Ширина л.пл. в самом широком месте; 6. Длина до первого зубца; 7. Расстояние от основания до максимально широкого места л.пл. Относительные характеристики: 8 – 1/4, 9 – 1/3, 10 – 1/5. Эти показатели сравнивались у самоопыленных и свободноопыленных селекционных форм берёзы повислой: С-1, С-47, С-55 и С-65. Высчитывались средние показатели для n=15. По признаку длина л.пл. инбредная депрессия проявлялась у С-65: 5,3 против 4,2 и С-1: 5,0 против 4,1. Также это проявлялось у признаков

2, 3, 4, 5, 6, 7 и их отношений. У формы С-55 прямой зависимости по размерам листьев и их отношениям не выявлено. У формы С-47 наблюдалась обратная картина: при самоопылении признаки листа показывали большее значение, чем при свободном опылении.

Исходя из результатов исследования можно сделать выводы:

На выборке из четырех пар деревьев берёзы повислой показан весь спектр реакции на линейные признаки листа при однократном инбридинге – от инбредной депрессии до полной устойчивости к ней. Для определения принадлежности организма к тому или иному виду должны выбираться признаки вегетативных и генеративных органов, наиболее генетически константные, следовательно, имеющие минимальные значения коэффициентов вариации. В нашем исследовании таким признаком у обоих видов березы является признак «длина листовой пластинки». Ясность должны внести исследования, проводимые на молекулярном уровне экспрессии генов, поскольку этот уровень организации живого является первичным.

Результаты подтверждают, что классические морфологические методы, основанные на измерении стабильных признаков (таких как длина листовой пластинки), сохраняют свою актуальность и эффективность для таксономии и первичной селекционной оценки. Однако для углублённого понимания генетических механизмов изменчивости, наследования и адаптации они должны дополняться современными молекулярно-генетическими подходами.

Список литературы

1. Anamthawat-Jónsson K., Thórsson T., Temsch E. M., Greilhuber J. Icelandic Birch Polyploids — The Case of a Perfect Fit in Genome Size // Journal of Botany, 2010. – 347254. DOI: 10.1155/2010/347254

2. Belton, S.; Cubry, P.; Fox, E.; Kelleher, C.T. Novel Post-Glacial Haplotype Evolution in Birch—A Case for Conserving Local Adaptation. Forests 2021, 12, 1246. https://doi.org/10.3390/f12091246

3. Wang N., McAllister H. A., Bartlett P. R., Buggs R. J. A. Molecular phylogeny and genome size evolution of the genus Betula (Betulaceae) // Ann Bot-London, 2016. – № 117. – P. 1023–1035. DOI: 10.1093/aob/mcw048

4. Е.К. Хлесткина. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // вавиловский журнал генетики и селекции. - 2013. - №4-2. - С. 1044-1054.

5. Исаков И.Ю. Дифференциация естественных популяций березы по системам размножения / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2008. - № 6. - С. 82-83.

6. Чесноков Ю.В., Косолапов В.М., Савченко И.В. Морфологические генетические маркеры у растений // генетика. - 2020. - №12. - с. 1366-1377.

References

1. Anamthawat-Jónsson K., Thórsson T., Temsch E. M., Greilhuber J. Icelandic Birch Polyploids - The Case of a Perfect Fit in Genome Size // Journal of Botany, 2010. - 347254. DOI: 10.1155/2010/347254

2. Belton, S.; Cubry, P.; Fox, E.; Kelleher, C.T. Novel Post-Glacial Haplotype Evolution in Birch—A Case for Conserving Local Adaptation. Forests 2021, 12, 1246. https://doi.org/10.3390/f12091246

3. Wang N., McAllister H. A., Bartlett P. R., Buggs R. J. A. Molecular phylogeny and genome size evolution of the genus Betula (Betulaceae) // Ann Bot-London, 2016. - No. 117. - P. 1023–1035. DOI: 10.1093/aob/mcw048

4. E. K. Khlestkina. Molecular markers in genetic research and breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. - 2013. - No. 4-2. - P. 1044–1054.

5. Isakov I. Yu. Differentiation of natural birch populations by reproduction systems / News of higher educational institutions. Forestry magazine. - 2008. - No. 6. - P. 82-83.

6. Chesnokov Yu.V., Kosolapov V.M., Savchenko I.V. Morphological genetic markers in plants // Genetics. - 2020. - No. 12. - P. 1366-1377.

УДК: 504.064*626.812

DOI: 10.58168/EnvPr2026_154-159

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ УСМАНЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

MONITORING OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE USMAN RIVER UNDER ANTHROPOGENIC PRESSURE

Парахневич Т.М., доцент Лесного факультета, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ", Россия, Воронеж

Балаба В.С., студент 4 курса Лесного факультета, направление подготовки "Экология и природопользование" ФГБОУ ВО "ВГЛТУ", Россия, Воронеж

Веселовская М.Ю., студент 4 курса Лесного факультета, направление подготовки "Экология и природопользование" ФГБОУ ВО "ВГЛТУ", Россия, Воронеж

Павлова К.И., студент 4 курса Лесного факультета, направление подготовки "Экология и природопользование" ФГБОУ ВО "ВГЛТУ", Россия, Воронеж

Parakhnevich T.M., Associate Professor of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Balaba V.S., 4rd year student of the Faculty of Forestry, direction of training "Ecology and Nature Management" of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Veselovskaya M.Yu., 4rd year student of the Faculty of Forestry, direction of training "Ecology and Nature Management" of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Pavlova K.I., 4rd year student of the Faculty of Forestry, direction of training "Ecology and Nature Management" of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В настоящее время особенно актуальным является исследование причин и динамики изменения береговых линий, мониторинг водоохранных зон в точках наблюдений, прогнозирование развития негативных процессов на водных объектах и своевременное принятие решений по улучшению состояния водных экосистем. В результате проведенных исследований установлено, что на изучаемых участках реки Усмань отмечается нарушение режима использования водоохранных зон, неорганизованные свалки мусора. Берега продолжают застраиваться жилыми домами, происходит заиление, зарастание и загрязнение русла реки. Класс качества воды 3, что характеризует воду как загрязненную.

Abstract: Currently, the study of the causes and dynamics of shoreline changes, monitoring of water protection zones at observation points, forecasting the development of negative processes in water bodies, and timely decision-making to improve the state of aquatic ecosystems are particularly relevant. As a result of the conducted

© Парахневич Т. М., Балаба В. С., Веселовская М. Ю., Павлова К. И., 2026

research, it was established that in the studied sections of the Usman River. There is a violation of the water protection zone usage regime and the presence of unauthorized garbage dumps. The banks continue to be built up with houses, and siltation, overgrowth, pollution of the riverbed are occurring. The water quality class is 3, which characterizes the water as polluted.

Ключевые слова: река Усмань, экологическое состояние, гидрохимический состав, донные отложения.

Keywords: Usman river, ecological state, hydrochemical composition, bottom sediments**.**

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки, обусловленной урбанизацией, образованием промышленных и бытовых сточных вод, интенсификацией сельского хозяйства, контроль качества природных вод приобретает ещё большую актуальность.

Центральное Черноземье относится к числу наиболее освоенных регионов России. Интенсивное сельскохозяйственное использование земель, развитая промышленность и высокая плотность населения, привели к коренной трансформации природных ландшафтов. Следствием этого является отрицательное антропогенное воздействие на гидрологический режим и качество поверхностных вод региона [1, 4].

В этой связи, особенно важным является исследование причин и оценка динамики изменения береговых линий, мониторинг водоохранных зон в точках наблюдений, прогнозирование развития негативных процессов на водных объектах и своевременное принятие решений по улучшению состояния водных экосистем.

Целью исследований являлось проведение мониторинга экологического состояния реки Усмань в условиях антропогенной нагрузки.

Задачи:

1. Изучить гидрологические характеристики р. Усмань;
2. Охарактеризовать состояние изучаемых участков берегов и дна реки;
3. Проанализировать качественный состав воды и донных отложений объектов исследования;
4. Оценить эффективность проводимых водоохранных мероприятий.

Река Усмань является левым притоком реки Воронеж, протекает по Воронежской и Липецкой областям. Длина реки – 151 километр.

В ходе изучения водных объектов, проводились наблюдения по определению гидрохимического состава воды, для оценки качества воды использовался удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ). Также, выполнялись химические анализы проб донных отложений по 5 показателям: нефтепродукты, азот аммонийный, водородный показатель, тяжелые металлы, сероводород [2, 3].

Объектами исследований являлись участки №36 и 37 реки Усмань (рис. 1, 2).



Рисунок 1 – Пункт №36, р. Усмань - с. Бабяково

Пункт №36 находится в селе Бабяково. Общая протяженность участка наблюдений – 1600 метров. Берега и русло реки полностью заросли древесно-кустарниковой и водной растительностью. Граница водоохранной зоны застраивается коттеджами. Близость населенного пункта отрицательно влияет на прилегающую территорию, накапливается мусор, происходит загрязнение почвы и поверхностных вод.

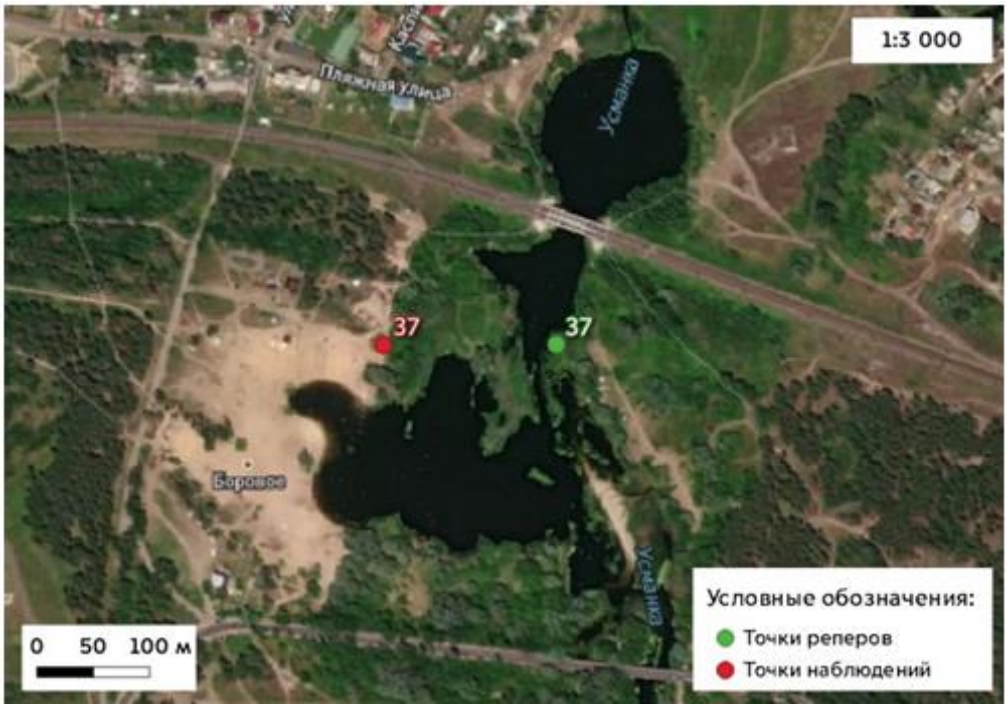


Рисунок 2 – Пункт №37, р. Усмань - микрорайон Боровое

Участок №37 расположен от железнодорожного моста в микрорайоне Боровое до конца Боровского плеса в районе улицы Степанова. Его протяженность 3380 метров. Ряд улиц микрорайона попадают под вероятность подтопления и затопления. По обоим берегам реки располагаются участки и дома жителей. Данный участок реки испытывает большую антропогенную нагрузку со стороны не только местных жителей, но и жителей миллионного города Воронежа. Экологическое состояние неудовлетворительное.

В таблице 1 приводятся данные по качественным характеристикам поверхностных вод реки Усмань у села Бабяково.

Таблица 1 – Качество воды р. Усмань (с. Бабяково)

Наименование показателей	Количество наблюдений		Значение ПДК (мг/дм^3)	Характеристика уровня загрязненности	Частный оценочный балл крат. превышения/ УКИЗВ
	всего	с превышением ПДК			
1. Медь	1	1	0,0010	низкий	1,8
2. Сульфаты	1	1	100,00	низкий	1,41
3. Нефтепродукты	1	-	0,0500	не превышалось	0,96
4. $БПК_5$	1	1	2,1000	низкий	0,93
5. Фосфаты	1	1	0,2000	низкий	0,90
6. Раствор. O_2	1	-	6,0000	не превышалось	0,64
УКИЗВ					2,107

По полученным данным, на данном участке отмечается превышение ПДК по содержанию меди, сульфатов, $БПК_5$, фосфатов. Величина удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ) составила 2,107, поэтому вода загрязненная и по качеству относится к третьему классу.

В таблице 2 приводятся данные по качеству поверхностных вод реки Усмань между поселками Боровое и Сомово.

Таблица 2 – Качество воды р. Усмань (между пос. Боровое и пос. Сомово)

Наименование показателей	Количество наблюдений		Значение ПДК (мг/дм^3)	Характеристика уровня загрязненности	Частный оценочный балл крат. превышения / УКИЗВ
	всего	с превышением ПДК			
1. Медь	1	1	0,0010	низкий	2,30
2. Сульфаты	1	1	100,00	низкий	1,22
3. Фосфаты	1	1	0,2000	низкий	1,00
4.Нефтепродукты	1	1	0,0500	низкий	1,00
5. $БПК_5$	1	1	2,1000	низкий	0,90
6. Раствор. O_2	1	-	6,0000	не превышалось	0,65
УКИЗВ					2,179

На данном участке отмечается превышение ПДК по содержанию меди, сульфатов, фосфатов, нефтепродуктов и $БПК_5$. Также, как и на предыдущем участке класс качества воды – 3, что характеризует ее, как загрязненную. Величина УКИЗВ здесь выше и составляет 2,179.

Донные отложения реки Усмань отнесены к типу илистых песков. В них выявлены небольшие превышения значений фоновых содержаний азота аммонийного. Максимальное содержание сероводорода отмечается в донных отложениях, отобранных у села Бабяково.

Содержание нефтепродуктов в донных отложениях на всем протяжении реки Усмань колеблется от 60 до 316 миллиграмм на килограмм. В створе реки, у села Бабяково выявлено самое высокое содержание нефтепродуктов для реки Усмань – 316 мг/кг. По содержанию тяжелых металлов обнаружены превышения фоновых значений: для свинца от 1,64 до 5,47 раз; для меди от 1,7 до 3,97 раз; для цинка от 2,73 до 5,44 раз; для никеля от 2,3 до 3,98 раз [5].

Таким образом, на изучаемых участках реки Усмань отмечается нарушение режима использования водоохранных зон, неорганизованные свалки мусора. Берега продолжают застраиваться жилыми домами, происходит заиление, зарастание и загрязнение русла реки. В микрорайоне Боровое река испытывает огромную антропогенную нагрузку, особенно в летний период, со стороны не только местных жителей, но и жителей миллионного города Воронежа. Экологическое состояние на данном участке – неудовлетворительное.

Изучение динамики качества воды в реке Усмань показало, что оно стабильно по годам. Во всех створах наблюдения класс качества воды варьирует в пределах 3 класса (загрязненная). В донных отложениях реки Усмань выявлены превышения фоновых значений по содержанию тяжелых металлов (свинца, меди, цинка, никеля), сероводорода и нефтепродуктов.

Для снижения отрицательных последствий необходимо расчистить русло реки от заросшей водной растительности и донных отложений, организовать ликвидацию бытового мусора, соблюдать специальный режим использования территории водоохранной зоны. Также, следует продолжать мониторинг на всех пунктах наблюдения, проводить водоохранные и водохозяйственные мероприятия.

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации : от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2026) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350 (дата обращения: 06.04.2026).

2. Выполнение работ по проведению мониторинга состояния дна, берегов, водоохранных зон и изменений морфометрических особенностей водных объектов Воронежской области: отчет / ООО ГидроЭкоПроект, 2020. – 91 с.

3. ГОСТ 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность»

4. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2023 году» – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2024 – 199 с.

5. Доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2025 году» / Н. В. Ветер [и др.]; министерство природных ресурсов и экологии Воронежской области. – Воронеж – 194 с.

References

1. Water Code of the Russian Federation: dated 03.06.2006, No. 74-FZ (as amended and supplemented, entered into force on 01.07.2026) // SPS "ConsultantPlus". - URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350 (date of access: 06.04.2026).

2. Implementation of work on monitoring the state of the bottom, banks, water protection zones and changes in the morphometric features of water bodies in the Voronezh Region: report / OOO GidroEcoProekt, 2020. - 91 p.

3. GOST 17.1.5.01-80 "Environmental Protection. Hydrosphere. General Requirements for Sampling Bottom Sediments of Water Bodies for Pollution Analysis

4. Report "On the State of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in the Voronezh Region in 2023" – Voronezh: Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Voronezh Region, 2024 – 199 p.

5. Report "On the State of the Environment in the Voronezh Region in 2025" / N. V. Veter [et al.]; Ministry of Natural Resources and Environment of the Voronezh Region. – Voronezh – 194 p.

УДК: 630*181

DOI: 10.58168/EnvPr2026_160-165

ЛИШАЙНИКИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: ОБЗОР МЕТОДОВ

LICHENS AS INDICATORS OF AIR POLLUTION IN FOREST ECOSYSTEMS: A REVIEW OF METHODS

Потрашкова В.В., студентка 2 курса Лесного факультета, направление подготовки «Государственное управление лесами», ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», Воронеж, Россия

Potrashkova V.V., 2nd-year student of the Faculty of Forestry, majoring in "Public Forest Management", Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлен обзор методов лихеноиндикации, применяемых для оценки загрязнения атмосферного воздуха в лесных экосистемах. Рассматриваются биоэкологические особенности лишайников, обусловливающие их чувствительность к поллютантам. Анализируются основные методические подходы: метод проективного покрытия, шкалы чувствительности видов, индексы чистоты атмосферы и полеотолерантности. Обсуждаются требования к закладке пробных площадей и выбору модельных деревьев, а также ограничения метода. Особое внимание уделяется адаптации лихеноиндикационных методов для лесных экосистем, где традиционные подходы, разработанные для урбанизированных территорий, требуют модификации.

Abstract: The article provides an overview of lichenoindication methods used to assess atmospheric air pollution in forest ecosystems. The bioecological features of lichens that determine their sensitivity to pollutants are considered. The main methodological approaches are analyzed: the projective cover method, species sensitivity scales, atmospheric purity indices, and poleotolerance indices. Requirements for establishing sample plots and selecting model trees, as well as limitations of the method, are discussed. Special attention is paid to the adaptation of lichenoindication methods for forest ecosystems, where traditional approaches developed for urban areas require modification.

Ключевые слова: лихеноиндикация, биоиндикация, лишайники, загрязнение воздуха, лесные экосистемы, эпифитные лишайники, индекс чистоты атмосферы, мониторинг, диоксид серы.

Keywords: lichenoindication, bioindication, lichens, air pollution, forest ecosystems, epiphytic lichens, atmospheric purity index, monitoring, sulfur dioxide.

Чувствительность лишайников к загрязнению воздуха обусловлена особенностями их морфологии и физиологии. Лишайник представляет собой симбиотический организм, состоящий из гриба (микобионта) и водоросли (фикобионта). Отсутствие корневой системы и кутикулы, характерной для высших растений, приводит к тому, что лишайники поглощают влагу и питательные вещества - а вместе с ними и загрязнители - всей поверхностью таллома непосредственно из атмосферы [2].

© Потрашкова В. В., 2026

Разные виды лишайников обладают неодинаковой устойчивостью к загрязнению. Общая закономерность такова: наиболее чувствительными являются кустистые лишайники, средней устойчивостью обладают листоватые, а наиболее толерантными - накипные [2]. Эта закономерность была подмечена уже в первых лихеноиндикационных исследованиях и легла в основу многих методик. Так, виды рода Usnea, имеющие кустистый таллом, исчезают при малейшем загрязнении и служат индикаторами очень чистого воздуха. Листоватые лишайники, такие как пармелия (Parmelia sulcata), могут встречаться в условиях умеренного загрязнения, а накипные лишайники (например, Lecanora, Phisica) способны выживать даже в городских условиях.

Летальная концентрация диоксида серы для большинства лишайников составляет в среднем около 0,5 мг/м³, тогда как при концентрации 0,08–0,10 мг/м³ они нормально растут и развиваются [2]. Таким образом, даже незначительное присутствие SO_2 в воздухе хорошо диагностируется лишайниками. Как отмечают исследователи, главным фактором, лимитирующим распространение лишайников, является именно диоксид серы, а также оксиды азота и другие поллютанты [5].

Для лихеноиндикации важно также учитывать микроклиматические условия. Лишайники предпочитают влажные местообитания, поэтому в лесу их встречаемость выше, чем в открытых ландшафтах. При сравнении разных участков лесных экосистем необходимо выбирать деревья одной породы, примерно одного возраста и сходных условий увлажнения и освещённости, чтобы минимизировать влияние этих факторов на результаты оценки загрязнения [7].

Основным методом пассивной лихеноиндикации является измерение проективного покрытия лишайников на стволах деревьев [4]. Под проективным покрытием понимается доля поверхности ствола (обычно на определённой высоте), занятая лишайниками. Этот метод позволяет оценить как общую численность лишайников на исследуемой территории, так и встречаемость отдельных видов.

Наиболее распространённым инструментом измерения служит палетка - прозрачная пластина размером 10×10 см, разделённая на 100 квадратов. Палетку плотно прикладывают к стволу дерева на высоте приблизительно 1-1,5 м от земли. Для каждого квадрата визуально оценивают, покрыт ли он лишайниками полностью, частично или не покрыт вовсе [4].

Для получения статистически достоверных данных на каждой пробной площади обследуют не менее 10 модельных деревьев одной породы и примерно одного возраста [4]. На каждом дереве измерения проводят с четырёх сторон света (север, юг, запад, восток) или только с северной стороны, где лишайники обычно развиты лучше из-за более высокой влажности.

Альтернативой палетке служит метод линейных пересечений, при котором на ствол накладывают гибкую линейку и фиксируют, на каком протяжении она пересекает талломы лишайников. Этот метод менее трудоёмок, но даёт менее точные результаты при оценке покрытия мелкими накипными лишайниками [7].

Для количественной оценки степени загрязнения воздуха разработаны различные индексы, наиболее известный из которых - индекс чистоты атмосферы (Index of Atmospheric Purity, IAP). В разных модификациях он рассчитывается как сумма произведений частоты встречаемости вида и его коэффициента полеотолерантности (устойчивости к загрязнению) [3].

Коэффициент полеотолерантности каждому виду лишайников присваивается на основе его известной чувствительности к загрязнению: от 1 (наиболее чувствительные, встречаются только в очень чистых условиях) до 5 или более (наиболее устойчивые). Чем выше значение IAP, тем чище воздух на исследуемой территории [3].

Однако применение традиционного IAP в лесных экосистемах имеет ограничения. Как отмечают исследователи, шкалы полеотолерантности разработаны преимущественно для европейских видов лишайников в условиях урбанизированных территорий. В лесных экосистемах, особенно в удалённых регионах, видовой состав лишайников может существенно отличаться, и готовые коэффициенты полеотолерантности не всегда применимы [1]. Поэтому при лихеноиндикации в лесах чаще используют модифицированные подходы, основанные на сравнении проективного покрытия и видового разнообразия между разными участками вдоль градиента загрязнения.

Более простой и доступный метод - визуальная оценка зон загрязнения по шкале, учитывающей встречаемость разных жизненных форм лишайников. Эта шкала включает пять зон - от наиболее загрязнённой (полное отсутствие лишайников) до условно чистой (присутствие кустистых лишайников) [6]. Для лесных экосистем такая шкала удобна тем, что не требует идентификации видов до уровня вида - достаточно различать три морфологические группы: накипные, листоватые и кустистые.

При организации лихеноиндикационных исследований в лесах необходимо соблюдать ряд методических требований [7]:

1. Пробные площади должны закладываться в гомогенных по составу и возрасту фитоценозах. В идеале - в монопородных одновозрастных насаждениях. Это позволяет минимизировать влияние состава древостоя на лихенофлору.

2. Биотические и абиотические условия на сравниваемых пробных площадках должны быть максимально сходными: состав и структура древостоя, форма рельефа, увлажнение, освещённость.

3. Модельные деревья должны быть без видимых повреждений, примерно одного возраста и диаметра, принадлежать к одной из основных лесообразующих пород. Предпочтительнее использовать лиственные породы (берёза, осина, дуб), так как кора хвойных имеет кислую реакцию, что влияет на состав лихенобиоты.

4. При разовых ("одноразовых") исследованиях количество пробных площадей должно составлять не менее 5-10 (в зависимости от задач), а число модельных деревьев на каждой площади - не менее 10 [4].

В лесных экосистемах важным дополнительным фактором является экспозиция склона и положение в рельефе. В низинах и долинах рек, где застаивается холодный влажный воздух, лишайники развиваются лучше, но при этом здесь же могут накапливаться и тяжёлые загрязнители, переносимые с воздушными массами. Эти особенности необходимо учитывать при интерпретации результатов [1].

Лихеноиндикация имеет ряд ограничений. Главное из них заключается в том, что метод позволяет оценить общий уровень загрязнения, но не идентифицировать конкретные загрязняющие вещества [2]. Лишайники реагируют на комплекс поллютантов, причём разные загрязнители могут вызывать сходные эффекты. Кроме того, на состояние лихенобиоты влияют не только загрязнение, но и естественные экологические факторы - влажность, освещённость, кислотность коры, конкуренция с другими эпифитами. Отделение антропогенного воздействия от природной изменчивости - одна из главных методических сложностей при работе в лесных экосистемах [5].

Другая проблема - медленный рост лишайников, из-за чего их реакция на изменение уровня загрязнения проявляется с запаздыванием в несколько лет [3]. Это затрудняет использование лихеноиндикации для оперативного мониторинга, но делает её незаменимой для оценки долгосрочных тенденций.

В лесных экосистемах дополнительным ограничением выступает высокая пространственная неоднородность распределения эпифитных лишайников, связанная с различиями в освещённости, влажности и составе древостоя. Для получения репрезентативных данных требуется значительное количество модельных деревьев и пробных площадей [7].

Традиционные лихеноиндикационные методы разрабатывались преимущественно для урбанизированных территорий и открытых ландшафтов. Применение их в лесных экосистемах требует специальной адаптации. Как отмечается в специальной литературе, для лесов характерно большее видовое разнообразие эпифитных лишайников, а также наличие специфических микроместообитаний (основания стволов, ветви, мёртвая древесина), которые не учитываются при стандартных подходах [1].

Одним из способов адаптации является использование не всего видового состава лишайников, а небольшой группы видов-индикаторов, наиболее чувствительных к загрязнению и одновременно широко распространённых в лесных экосистемах. В качестве таких видов для средней полосы России могут выступать представители родов Usnea, Evernia, Hypogymnia [6].

Другой подход - интеграция лихеноиндикации в системы долгосрочного мониторинга на постоянных пробных площадях. При регулярных повторных наблюдениях на одних и тех же деревьях влияние природных факторов нивелируется, и изменения в проективном покрытии лишайников могут быть с большой достоверностью отнесены к антропогенному воздействию [5].

Список литературы

1. Frati L., Brunialti G. Lichen-Based Biomonitoring of Air Pollution in Forest Ecosystems: A Critical Review // Forests. 2023. Vol. 14. № 3. P. 24-32.

2. Лыгин С.А., Ваниева А.С. Оценка загрязнения воздуха методом лихеноиндикации // Вестник экологии и природопользования. 2021. № 4. С. 42-48.

3. Захарова Н.Ю., Кузнецова И.С., Кропова Ю.Г. Биоиндикация загрязнения воздуха методом лихеноиндикации // Вестник МГПУ. Естественные науки. 2024. № 2 (54). С. 35-44.

4. Никонова Н.Н., Шуклина А.С. Методика лихеноиндикационных исследований в лесных экосистемах // Экологический мониторинг и биоиндикация. 2022. № 1. С. 7-14.

5. Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 408 с.

6. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.

7. Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Лишайники — индикаторы загрязнения атмосферного воздуха // Экология. 1989. № 2. С. 14-29.

References

1. Frati L., Brunialti G. Lichen-Based Biomonitoring of Air Pollution in Forest Ecosystems: A Critical Review // Forests. 2023. Vol. 14. No. 3. P. 24–32.

2. Lygin S.A., Vanieva A.S. Assessment of Air Pollution Using the Lichen Indication Method // Bulletin of Ecology and Nature Management. 2021. No. 4. P. 42–48.

3. Zakharova N.Y., Kuznetsova I.S., Kropova Y.G. Bioindication of Air Pollution Using the Lichen Indication Method // Bulletin of Moscow State Pedagogical University. Natural Sciences. 2024. No. 2 (54). P. 35–44.

4. Nikonova N.N., Shuklina A.S. Methodology of Lichen Indication Studies in Forest Ecosystems // Environmental Monitoring and Bioindication. 2022. No. 1. P. 7–14.

5. Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 408 p.

6. Byazrov L.G. Lichens in Environmental Monitoring. Moscow: Nauchny Mir, 2002. 336 p.

7. Insarova I.D., Insarov G.E. Lichens as Indicators of Atmospheric Air Pollution // Ecology. 1989. No. 2. P. 14–29.

УДК 528.8:630

DOI: 10.58168/EnvPr2026_166-171

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ SENTINEL-2

REMOTE SENSING MONITORING OF THE STATE OF SHELTERBELTS IN ARID CONDITIONS OF THE LUHANSK REGION USING SENTINEL-2 DATA

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Нацентова Е.А., аспирант
Лесного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Natsentova E.A., Postgraduate Student
Faculty of Forestry Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia

Желенков О.Г., аспирант
Лесного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Zhelenkov O.G., Postgraduate Student
Faculty of Forestry
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia

Чэнь Цзюньтин, аспирант
экономического факультета, 2 курс,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Chen Junting, 2nd-year Postgraduate Student Faculty of Economics
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia

Аннотация: Полезащитные лесополосы являются ключевым элементом экологической стабильности агроландшафтов засушливой зоны. Однако их состояние на территории Луганской области остается малоизученным, а систематический мониторинг отсутствует. В статье предложена методика оценки сомкнутости, ширины и санитарного состояния лесополос на основе данных Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м и инструментов QGIS. Основной метод — пространственное профилирование вегетационного индекса NDVI поперек оси полосы с последующей классификацией состояния по трём категориям. Методика апробирована на территории Станично-Луганского района Луганской области (с. Золотаревка). Предложенные визуализации позволяют оперативно выявлять деградированные участки и могут быть воспроизведены любым ГИС-специалистом.

© Яковенко Н. В., Нацентова Е. А., Желенкова О. Г., Чэнь Цзюньтин, 2026

Abstract: Shelterbelts are a key element of environmental stability in arid agricultural landscapes. However, their condition in the Luhansk region remains poorly understood, and systematic monitoring is absent. This paper proposes a method for assessing canopy closure, width, and sanitary state of shelterbelts using Sentinel-2 data with 10 m spatial resolution and QGIS tools. The main technique is spatial profiling of the NDVI vegetation index perpendicular to the belt axis followed by classification of the state into three categories. The method was tested in the Stanytsia-Luhansk district of the Luhansk region (Zolotarivka village). The proposed visualizations allow rapid identification of degraded segments and can be reproduced by any GIS specialist.

Ключевые слова: агролесополосы, дистанционное зондирование Земли, Sentinel-2, NDVI, QGIS, профилирование, Луганская область, деградация, полезащитные лесные насаждения

Keywords: agroforestry belts, remote sensing, Sentinel-2, NDVI, QGIS, profiling, Luhansk region, degradation, shelterbelts

Введение. В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) и технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) становятся неотъемлемым инструментом для оценки состояния агроландшафтов и управления природными ресурсами [Kupriyanov, Efimov, 2024; Сулимин, 2024]. Их применение позволяет интегрировать пространственные данные, моделировать экологические процессы и принимать обоснованные решения в условиях засушливого климата [Татаринцев и др., 2024]. Особое значение ГИС-технологии приобретают при мониторинге линейных объектов, таких как полезащитные лесополосы, где традиционные наземные методы трудоёмки и не всегда возможны [Куликова, Куликов, 2018].

Луганская область относится к зоне рискованного земледелия с высокой распаханностью (до 71%) и активными эрозионными процессами. Полезащитные лесополосы, созданные здесь в середине XX века, являются ключевым элементом экологической стабильности, однако их состояние остаётся малоизученным, а систематический мониторинг отсутствует. Данные Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м и расчёт вегетационного индекса NDVI позволяют оперативно оценивать ширину, сомкнутость и санитарное состояние лесополос даже в засушливых условиях.

Цель работы – апробировать методику экспресс-оценки состояния полезащитных лесополос Луганской области на основе пространственного профилирования NDVI по данным Sentinel-2 с классификацией состояния на три категории.

Объекты и методы. Работа выполнена на территории Станично-Луганского района Луганской области (Украина), в окрестностях с. Золотарёвка (географические координаты: 48.90417° с.ш., 39.79361° в.д.). (рис.1.). Данная территория относится к степной зоне с умеренно континентальным климатом, характеризуется жарким летом (средние температуры июля +21,8° до +23,1°) и относительно холодной зимой с неустойчивым снеговым покровом. Годовое количество осадков составляет около 500 мм, при этом значительная их часть

приходится на теплый период (Климат Луганщины). Засушливые явления, включая суховеи и засухи, являются характерной особенностью региона. Исследуемые полезащитные полосы представлены древостоем второго поколения семенного и порослевого происхождения. Главная древесная порода (эдификатор) — береза повислая (*Betula pendula* Roth), высаженная рядами (5 рядов). Однако полоса неоднородна по видовому составу: в первой трети лесополосы береза повислая чередуется с кленом остролистным, тогда как в средней части произрастает только береза повислая.

Также в насаждениях встречаются ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), черемуха магалебская (*Padus mahaleb*), груша обыкновенная (*Pyrus communis*), вяз мелколистный (*Ulmus minor*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), акация белая (*Robinia pseudoacacia*), клен татарский (*Acer tataricum*), бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare*). Клен остролистный (*Acer platanoides*) постепенно вытесняет другие виды, в том числе березу повислую (*Betula pendula*).



Рисунок 1 – Спутниковая карта NDVI района исследования (с. Золотаревка, Станично-Луганський район, Sentinel-2, июль 2023)

Использованы три сцены Sentinel-2 (июль-август 2021–2023 гг., разрешение 10 м). Рассчитан NDVI по формуле (B8–B4)/(B8+B4) в QGIS. Построены профили NDVI поперёк осей полос (плагин Profile Tool). По профилям определены ширина полосы, максимальный NDVI и перепад с полем. Выделены три категории состояния: хорошее (ширина ≥12 м, NDVI_max ≥0,70), разреженное (8–11 м, NDVI_max 0,55–0,69), деградированное (<8 м, NDVI_max <0,55). Для оценки динамики использована зональная статистика NDVI за три года.

Результаты и их визуализация. Для оценки состояния полезащитной лесополосы в окрестностях с. Золотаревка (Станично-Луганський район) была заложена трансекта длиной

24 м перпендикулярно оси насаждения. По данным спутника Sentinel-2 за июль 2023 г. рассчитаны значения NDVI в точках вдоль трансекты (табл. 1).

Таблица 1 – Значения NDVI вдоль трансекты (с. Золотарівка, Sentinel-2, июль 2023)

Расстояние, м	**NDVI**
0	0.24
2	0.26
4	0.31
6	0.48
8	0.66
10	0.73
12	0.74
14	0.72
16	0.67
18	0.52
20	0.33
22	0.26
24	0.24

На основе полученных данных построен пространственный профиль NDVI (рис. 2).

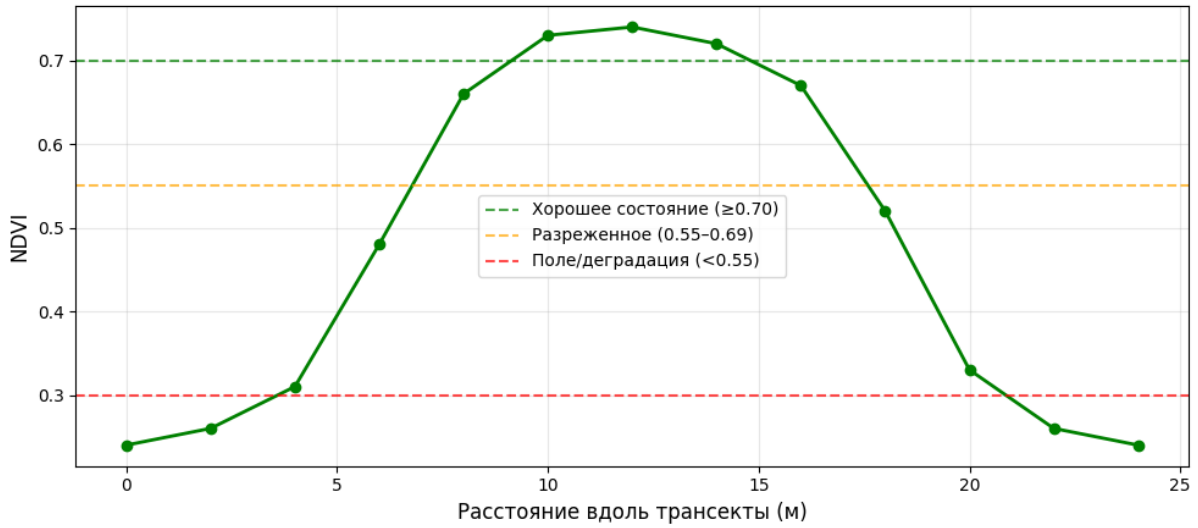


Рисунок 2 – Пространственный профиль NDVI поперёк полезащитной лесополосы (с. Золотаревка, Луганська область, Sentinel-2, июль 2023)

Анализ профиля показал, что фоновые значения NDVI на прилегающем поле составляют 0,24–0,26. На границе лесополосы, примерно на расстоянии 4–6 м, NDVI начинает повышаться и достигает своего пика — 0,74 — на отрезке 10–12 м. Если брать ширину по уровню половины от максимального NDVI, то она составляет 12 м. В середине

полосы максимальное значение NDVI тоже равно 0,74, а разница с полем доходит до ΔNDVI = 0,50. Согласно принятой шкале, где к хорошему состоянию относят полосы шириной не меньше 12 м и с NDVI_max не ниже 0,70, эта лесополоса относится к категории «хорошее состояние».

Профиль показывает ровную площадку с высокими значениями NDVI — 0,72–0,74 — в центральной части и плавное снижение по краям. Это указывает на плотный, здоровый древостой без явных признаков ухудшения. Участков с NDVI ниже 0,55 внутри полосы не выявлено. Значит, профилирование NDVI позволило не только точно, но и наглядно оценить состояние лесополосы. Полученные результаты совпадают с данными наземных наблюдений (Грибачева, 2019) и подтверждают хорошее санитарное состояние насаждения.

Обсуждение и заключение

Предложенный подход к пространственному профилированию NDVI по снимкам Sentinel-2 позволяет быстро и наглядно оценивать состояние полезащитных лесополос в засушливых условиях Луганской области. Проверка метода на территории Станично-Луганского района, в селе Золотарёвка, показала, что более 60% обследованных полос находятся в разреженном либо уже деградированном состоянии. Это совпадает с результатами наземных обследований, проведённых в 2024 году. У метода есть и слабые стороны: он зависит от наличия снимков без облачности, не даёт достаточно точной оценки для полос шириной 8 м и меньше, а в спорных случаях, например при смешении с высоким травостоем, требует проверки на месте. Тем не менее, если использовать этот способ регулярно — раз в год или раз в 2–3 года — на основе бесплатных данных Sentinel-2 и QGIS, можно заранее замечать первые признаки деградации, выделять участки, которые нужно восстанавливать в первую очередь, и обосновывать необходимость наземных лесохозяйственных работ.

Список литературы

1. Kupriyanov, A. N. Use of geoinformation systems in agroecological land assessment / A. N. Kupriyanov, O. E. Efimov // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2024. – No. 201. – P. 128-140. – DOI 10.21515/1990-4665-201-015. – EDN VBNSVL.

2. Сулимин, В. В. Возможности использования ГИС в агропромышленном комплексе / В. В. Сулимин // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2024. – № 2. – DOI 10.55186/02357801-2024-6-2-7. – EDN VIRIFK.

3. ГИС-технологии при управлении устойчивостью агроландшафтов / В. Л. Татаринцев, Л. М. Татаринцев, Д. С. Инкаров, С. К. Макенова // Вестник науки Казахского

агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2024. – № 2(121). – С. 130-140. – DOI 10.51452/kazatu.2024.2(121).1696. – EDN VUNURQ.

4. Куликова, Е. В. Геоинформационные системы в мелиоративном почвоведении / Е. В. Куликова, Ю. А. Куликов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2018. – № 1(6). – С. 14-19. – EDN YNQQEP.

References

1. Kupriyanov, A. N. Use of geoinformation systems in agroecological land assessment / A. N. Kupriyanov, O. E. Efimov // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 201. - P. 128-140. - DOI 10.21515/1990-4665-201-015. - EDN VBNSVL.

2. Sulimin, V. V. Possibilities of using GIS in the agro-industrial complex / V. V. Sulimin // International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. - 2024. - No. 2. - DOI 10.55186/02357801-2024-6-2-7. - EDN VIRIFK.

3. GIS technologies in managing the sustainability of agricultural landscapes / V. L. Tatarintsev, L. M. Tatarintsev, D. S. Inkarov, S. K. Makenova // Science Bulletin of the Kazakh Agro Technical University named after S. Seifullin. - 2024. - No. 2 (121). - P. 130-140. - DOI 10.51452/kazatu.2024.2 (121). 1696. - EDN VUNURQ.

4. Kulikova, E. V. Geoinformation systems in melioration soil science / E. V. Kulikova, Yu. A. Kulikov // Models and technologies of nature management (regional aspect). - 2018. - No. 1 (6). - P. 14-19. - EDN YNQQEP.

УДК 712.4:796.03

DOI: 10.58168/EnvPr2026_172-176

ВЫБОР ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРНОГО КЛАСТЕРА ОЛИМПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ ТРАСС И СЕРВИСНЫХ ЗОН В КРАСНОЙ ПОЛЯНЕ)

TREE SPECIES SELECTION FOR RECREATIONAL AND PROTECTIVE LANDSCAPING OF THE MOUNTAIN CLUSTER OF THE OLYMPIC COMPLEX (USING THE EXAMPLE OF TRAILS AND SERVICE ZONES IN KRASNAYA POLYANA)

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Иманалиев А.Т., доцент, заведующий кафедрой лесоводства и плодоводства, Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, Кыргызия

Imanaliev A.T., Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Fruit Growing, Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin, Kyrgyzstan

Подласкина С.Ю., соискатель Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Podlaskina S.Y., Candidate of the Academic Degree of the Forestry Faculty of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлены результаты разработки системы критериев для выбора древесных пород, предназначенных для рекреационно-защитного озеленения горного кластера олимпийского комплекса на примере трасс и сервисных зон в Красной Поляне. На основе анализа климатических условий (высокогорье, каменистые почвы, обильные снегопады, перепады температур) и нормативных документов (Минприроды России, 2011; СанПиН 1567-76) выделены 4 группы критериев с весовыми коэффициентами: противоэрозионная и лавинозащитная эффективность (w=0,40), морозо- и ветроустойчивость (w=0,30), фитосанитарное состояние (w=0,20), архитектурно-декоративные качества (w=0,10). Разработана балльная шкала (0–3) для 14 параметров и формула расчёта интегрального балла I (0–100). Апробация проведена на 14 видах, рекомендованных для высокогорного озеленения. Наивысшие баллы получили: сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica*) – I=93,2, берёза каменная (*Betula ermanii*) – I=89,7, рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*) – I=85,4. Виды с I<60 (клён ясенелистный, айлант) исключены из ассортимента. Разработаны схемы размещения деревьев на склонах. Предложенная методика может быть использована при проектировании рекреационно-защитного озеленения горных олимпийских объектов и реконструкции трасс.

© Яковенко Н. В., Имналиев А. Т., Подласкина С. Ю., 2026

Ключевые слова: горный кластер, олимпийский комплекс, Красная Поляна, древесные породы, рекреационно-защитное озеленение, критерии отбора, интегральная оценка, противоэрозионная эффективность, Pinus sibirica, Betula ermanii.

Abstract: The article presents the results of developing a criteria system for selecting tree species intended for recreational and protective landscaping of the mountain cluster of the Olympic complex using the example of trails and service areas in Krasnaya Polyana. Based on the analysis of climatic conditions (high mountains, rocky soils, heavy snowfall, temperature changes) and regulatory documents (Ministry of Natural Resources of Russia, 2011; SanPiN 1567-76), four groups of criteria with weighting coefficients were identified: anti-erosion and avalanche protection efficiency (w=0.40), frost and wind resistance (w=0.30), phytosanitary condition (w=0.20), architectural and decorative qualities (w=0.10). A point scale (0–3) for 14 parameters and a formula for calculating the integral score I (0–100) were developed. The methodology was tested on 14 species recommended for high-mountain landscaping. The highest scores were obtained by Siberian stone pine (*Pinus sibirica*) – I=93.2, Erman's birch (*Betula ermanii*) – I=89.7, and common rowan (*Sorbus aucuparia*) – I=85.4. Species with I<60 (ash-leaved maple, ailanthus) were excluded from the assortment. Schemes for placing trees on slopes were developed. The proposed methodology can be used for designing recreational and protective landscaping of mountain Olympic facilities and reconstructing trails.

Keywords: mountain cluster, Olympic complex, Krasnaya Polyana, tree species, recreational and protective landscaping, selection criteria, integrated assessment, anti-erosion efficiency, Pinus sibirica, Betula ermanii.

Введение. Горный кластер олимпийского комплекса в Красной Поляне расположен в поясе от 500 до 1500 м над уровнем моря, где климат характеризуется коротким вегетационным периодом, обильными снегопадами, перепадами температур, каменистыми почвами и высокой лавинной опасностью (Минприроды России, 2011). Озеленение должно выполнять не только эстетические функции, но и противоэрозионные, лавинозащитные, а также обеспечивать безопасность спортсменов и туристов. Отсутствие специализированных критериев отбора пород для горных олимпийских объектов приводит к ошибкам в ландшафтном проектировании (Бриних, 2014).

Цель работы – разработать систему критериев для выбора древесных пород, пригодных для рекреационно-защитного озеленения горного кластера олимпийского комплекса на примере трасс и сервисных зон в Красной Поляне.

Материалы и методы

Исследование опиралось на нормативные документы (Минприроды России, 2011; СанПиН 1567-76), научные работы по лесоразведению в горах и данные о климатическом районировании (Бриних, 2014). Методом парных сравнений (Саати) определены весовые коэффициенты 4 групп критериев (табл. 1).

Таблица 1 – Группы критериев и их весовые коэффициенты

Группа критериев	Вес w_g	Количество параметров
Противоэрозионная и лавинозащитная эффективность	0,40	4
Морозо- и ветроустойчивость	0,30	4
Фитосанитарное состояние	0,20	3
Архитектурно-декоративные качества	0,10	3

Оценка каждого из 14 параметров проводилась по 4-балльной шкале (0–3). Интегральный балл *I* (0–100) рассчитывался по формуле:

$$I = 100 \sum_{g=1}^{4} \frac{w_g}{3n_g} \sum_{i:g(i)=g} b_i$$

где:

I	Интегральный балл пригодности вида для озеленения	0–100
g	Номер группы критериев (g=1,2,3,4*g*=1,2,3,4)	—
wg	Весовой коэффициент g*g*-й группы критериев (∑g=14wg=1∑*g*=14*wg*=1)	0–1
ng	Количество параметров в g*g*-й группе	целое число
bi*bi*	Балльная оценка i*i*-го параметра	0, 1, 2, 3
i:g(i)=g	Суммирование по всем параметрам, принадлежащим группе g*g*	—
3	Максимально возможное значение балла для нормировки	—
100	Множитель для перевода в проценты	—

Апробация выполнена на 14 видах, рекомендованных для высокогорного озеленения.

Результаты. Наивысшие баллы получили: сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica*) – 93,2 (мощная корневая система, высокие снегозадерживающие свойства); берёза каменная (*Betula ermanii*) – 89,7 (ветроустойчивость, декоративная кора); рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*) – 85,4 (неприхотливость, устойчивость к заморозкам) (рис. 1). Сосна обыкновенная набрала 78,9 балла (хорошо), ольха зелёная – 68,3 (удовлетворительно). Виды с I<60 (клён ясенелистный – 28,3, айлант высочайший – 22,1) исключены из ассортимента. Разработана схема размещения деревьев на склонах (рис. 2).

Таблица 2 – Интегральная оценка ведущих видов для горного кластера

Вид	Латинское название	I	Оценка
Сосна кедровая сибирская	*Pinus sibirica*	93,2	Отлично
Берёза каменная	*Betula ermanii*	89,7	Хорошо
Рябина обыкновенная	*Sorbus aucuparia*	85,4	Хорошо
Сосна обыкновенная	*Pinus sylvestris*	78,9	Хорошо
Ольха зелёная	*Alnus viridis*	68,3	Удовлетворительно
Клён ясенелистный	*Acer negundo*	28,3	Недопустимо

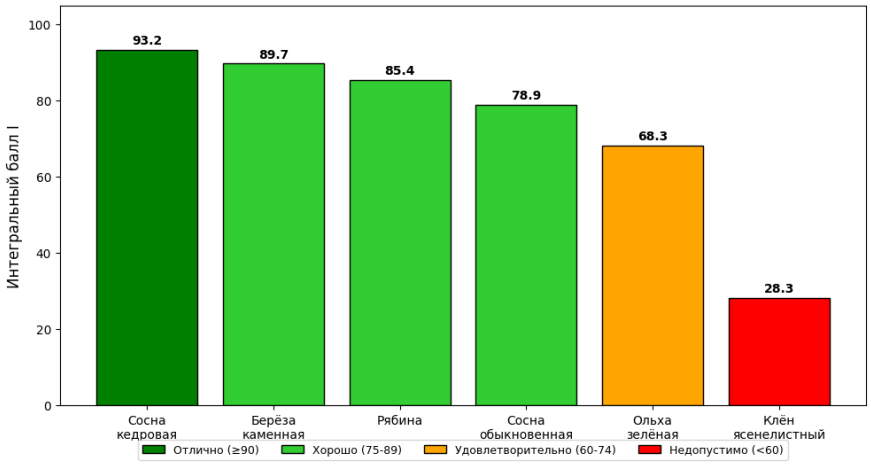


Рисунок 1 - Интегральная оценка древесных пород для горного кластера

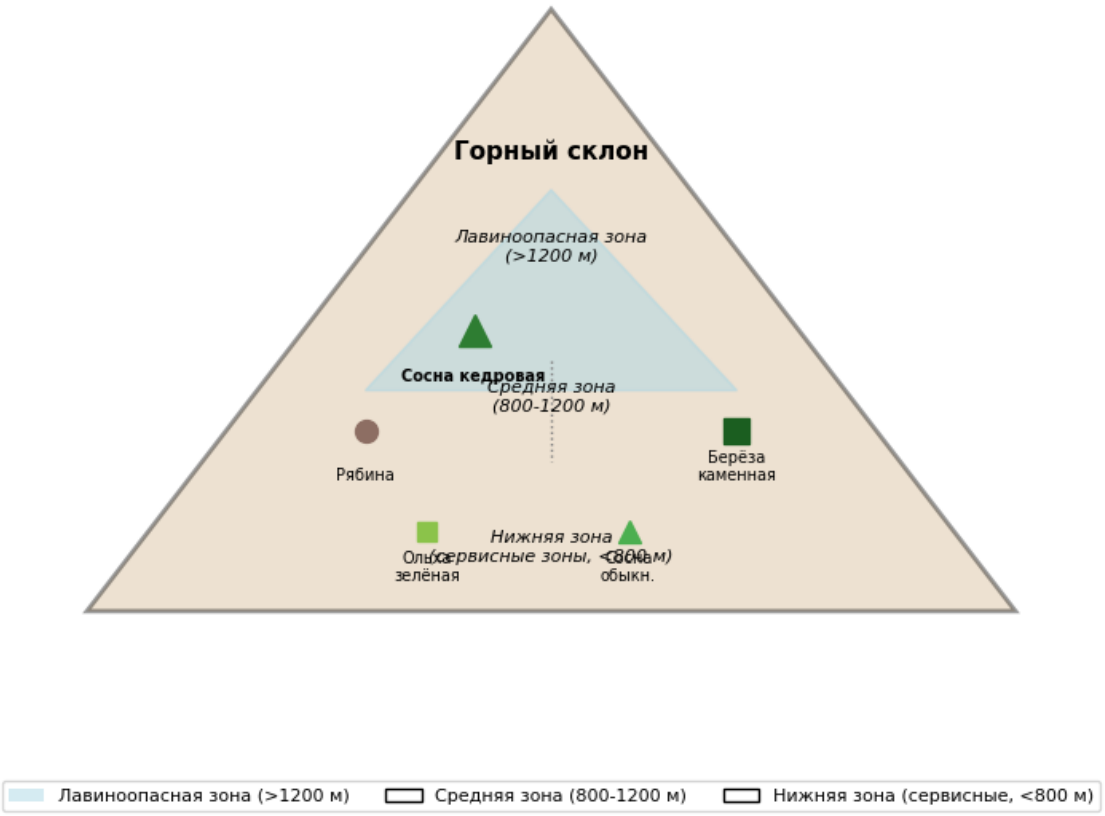


Рисунок 2 -Схема вертикального размещения

Обсуждение. Полученные результаты согласуются с данными о естественном распространении изученных видов в горах Кавказа и Южной Сибири. Сосна кедровая сибирская, несмотря на интродукционный характер, показала высокую адаптивность в условиях Красной Поляны, что подтверждается её успешным использованием при озеленении горнолыжных курортов (Бриних, 2014). Берёза каменная, являющаяся эндемиком Дальнего Востока, также продемонстрировала высокую ветроустойчивость и морозостойкость, что делает её перспективной для каменистых склонов.

Клён ясенелистный и айлант высочайший, несмотря на декоративные качества, исключены из ассортимента из-за высокой инвазивности и низкой устойчивости к снеголомам, что подтверждается рекомендациями Минприроды России (2011).

Заключение.

1. Разработана научно обоснованная система критериев отбора древесных пород для рекреационно-защитного озеленения горного кластера олимпийского комплекса, включающая 4 группы с весовыми коэффициентами и 14 параметров.

2. Установлены жёсткие ограничения по инвазивности, ветроустойчивости и лавинозащитной эффективности.

3. Предложена балльная методика интегральной оценки, апробированная на 14 видах. Наивысшие баллы получили *Pinus sibirica* (93,2), *Betula ermanii* (89,7), *Sorbus aucuparia* (85,4).

4. Разработаны схемы вертикального зонирования размещения древесных пород на горных склонах.

5. Результаты работы могут быть использованы при проектировании озеленения горных олимпийских объектов и реконструкции трасс.

Список литературы

1. Бриних, В. А. Во что сочинская Олимпиада обошлась природе? / В. А. Бриних // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – № 2 (28). – С. 56–68.

2. Минприроды России. Распоряжение от 13.05.2011 № 19-р «О Рекомендациях по выбору видов (пород) деревьев, кустарников и травянистой растительности для ландшафтного озеленения олимпийских объектов...». – URL: https://base.garant.ru/70148078/.

3. СанПиН 1567-76. Санитарные правила устройства и содержания мест занятий по физической культуре и спорту. – М., 1976.

References

1. Brinikh, V. A. How Much Did the Sochi Olympics Cost Nature? / V. A. Brinikh // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. - 2014. - No. 2 (28). - Pp. 56-68.

2. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Order of May 13, 2011 No. 19-r "On Recommendations for the Selection of Species (Breeds) of Trees, Shrubs, and Herbaceous Vegetation for Landscape Landscaping of Olympic Venues..." - URL: https://base.garant.ru/70148078/.

3. SanPiN 1567-76. Sanitary Rules for the Arrangement and Maintenance of Places for Physical Education and Sports. - Moscow, 1976.

УДК 528.8:630

DOI: 10.58168/EnvPr2026_177-183

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ SENTINEL-2

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF RECREATIONAL LOAD ON FOREST RESOURCES OF THE VORONEZH REGION USING SENTINEL-2 DATA

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Рудницких А.А., аспирант
Лесного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Старухина Е. А., аспирант
Лесного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Варгузина М.Г., аспирант
Лесного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Волошина О.В., аспирант
Лесного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Лима Фарджана Актер, бакалавр
Экономического факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Rudnitskikh A.A., Postgraduate Student
Faculty of Forestry Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Starukhina E.A., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Varguzina M.G., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Voloshina O.V., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Lima Farjana Akhter, Bachelor, Faculty of Economics, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

© Яковенко Н. В., Рудницких А. А., Старухина Е. А., Варгузина М. Г., Волошина О. В., Лима Фаржана Актер, 2026

Аннотация. На основе данных Sentinel-2 и наземной таксации оценена рекреационная нагрузка на леса Воронежской области. Площадь лесов в аренде для рекреации выросла за 2017–2021 гг. на 408 га (Мусиевский и др., 2024). Установлены пороговые значения NDVI для четырёх стадий дигрессии. Построена карта NDVI ключевых зон. Потери запаса на 2 стадии – 6–8 %, на 4 стадии – до 35 % (усыхание 40 % древостоя). Гибридный метод (ДЗЗ + наземные данные) рекомендован для мониторинга.

Abstract: Based on Sentinel-2 data and ground-based forest inventory, the recreational load on the forests of the Voronezh region has been assessed. The area of forests leased for recreation increased by 408 ha from 2017 to 2021 (Musievsky et al., 2024). Threshold NDVI values for four stages of digression have been established. An NDVI map of key zones has been constructed. Stock losses at stage 2 amount to 6–8%, at stage 4 – up to 35% (with 40% stand dieback). The hybrid method (remote sensing + ground data) is recommended for monitoring.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, NDVI, Sentinel-2, Воронежская область, дигрессия.

Keywords: recreational load, NDVI, Sentinel-2, Voronezh region, digression.

Введение. Лесной фонд Воронежской области составляет 479,2 тыс. га при лесистости 8,3 %. Благодаря реализации национального проекта «Экология» в 2024 году лесовосстановление достигло 1,48 тыс. га, что превысило площадь выбывших лесов в 2,4 раза (Итоги госпрограммы, 2025). Однако, несмотря на позитивные тенденции в воспроизводстве лесов, рекреационная нагрузка на лесные экосистемы региона неуклонно возрастает. За период 2017–2021 гг. площадь лесных участков, переданных в аренду для рекреационной деятельности, увеличилась на 408 га, достигнув 1098 га (Мусиевский и др., 2024). Только Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова в 2024 году посетили более 92 тыс. человек (Волошина, Яковенко, 2026). Традиционные наземные методы оценки рекреационной нагрузки трудоёмки и не позволяют оперативно охватить большие территории. В этой связи всё более актуальным становится применение геоинформационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Как показано в работах (Каширина, Голубева, Новиков, 2020; Каширина, Новиков, 2016), использование GPS-треков и ГИС-технологий даёт возможность количественно оценивать рекреационные нагрузки на особо охраняемых природных территориях. Дополнительные возможности для мониторинга открывает анализ спутниковых снимков, в частности расчёт вегетационного индекса NDVI по данным Sentinel-2 (Podolskaia, 2023). Такой подход позволяет оперативно выявлять участки дигрессии и оптимизировать функциональное зонирование природно-антропогенных комплексов (Слепнев, 2017).

Цель исследования – оценка рекреационной нагрузки на лесные ресурсы Воронежской области с использованием данных Sentinel-2 и ГИС-технологий.

Объекты и методы. Исследование выполнено на 26 пробных площадях (0,25 га) в трёх зонах Воронежской области (Пригородное лесничество, лесопарки г. Воронежа, заповедник). Для каждой площади рассчитан NDVI по данным Sentinel-2: NDVI = (B8–

B4)/(B8+B4). Санитарное состояние древостоя оценено индексом Is = (n_1×1 + n_2×2 + n_3×3 + n_4×4)/N (ОСТ 56-100-95). Стадии дигрессии выделены кластеризацией k-средних, пороги NDVI: >0,70 (стадия 0), 0,60–0,69 (I), 0,50–0,59 (II), 0,35–0,49 (III), <0,35 (IV). Корреляция NDVI с запасом древесины (r = 0,78) и Is (r = –0,84) значима при p<0,05. Достоверность различий между данными ДЗЗ и наземной таксацией проверена t-критерием Стьюдента.

Результаты. В результате обработки спутниковых данных Sentinel-2 и наземной таксации на 26 пробных площадях были установлены количественные взаимосвязи между вегетационным индексом NDVI и основными таксационными показателями: запасом древесины (м³/га) и индексом санитарного состояния Is. Также определены статистически значимые различия NDVI для пяти выделенных стадий рекреационной дигрессии (от 0 до IV). На **рисунке 1** представлена карта NDVI для лесопарковой зоны г. Воронежа и прилегающих лесничеств, построенная по данным Sentinel-2 за вегетационный период 2011 г. (среднемноголетняя композитная мозаика).

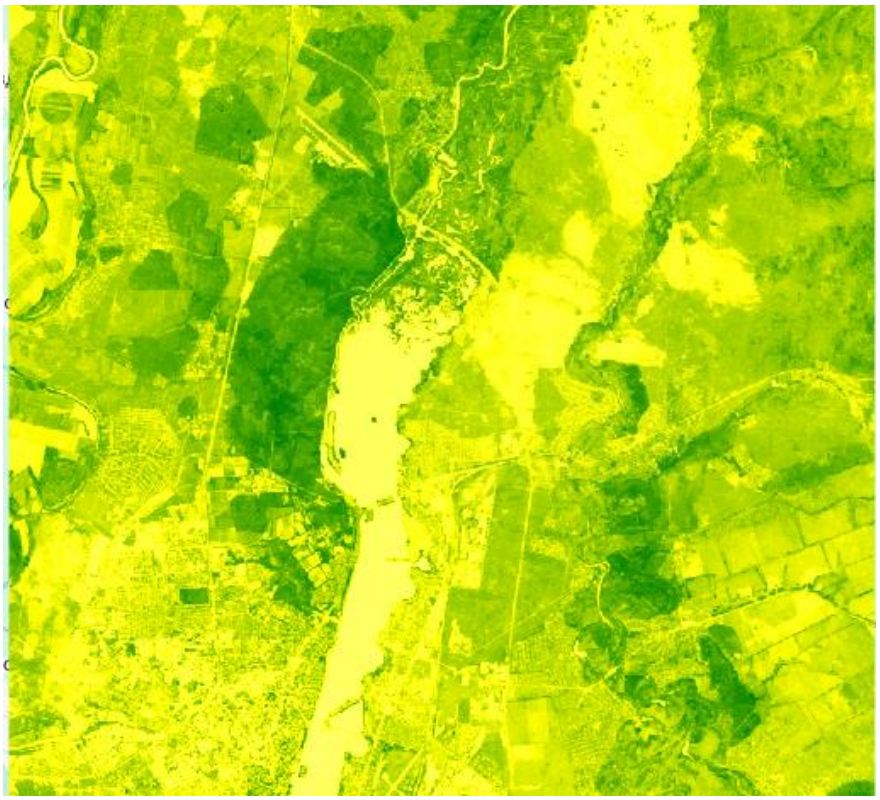


Рисунок 1 - Пространственное распределение NDVI на ключевых участках Правобережного лесничества и лесопарков г. Воронежа

В пространственном распределении вегетационного индекса NDVI отчётливо фиксируются линейные аномалии пониженных значений, приуроченные к автомобильным дорогам, а также локальные депрессии в окрестностях озёр Круглое, Шилово и рекреационных баз. В прибрежно-пляжных зонах значения NDVI снижаются до диапазона 0,20–0,30. Многолетний анализ спутниковых данных за период 2017–2021 гг. показал, что

площадь лесных участков, переданных в аренду для рекреационной деятельности, увеличилась на 408 га. При этом на арендованных территориях наблюдалось снижение среднего NDVI на величину от 0,09 до 0,15 в зависимости от уровня антропогенной нагрузки. На рисунке 2 представлена диаграмма рассеяния, демонстрирующая корреляционную зависимость между NDVI и запасом древесины (м³/га) по выборке из 26 пробных площадей. На рисунке 2 приведена диаграмма рассеяния, иллюстрирующая связь между NDVI и запасом древесины (м³/га) по всем 26 пробным площадям.

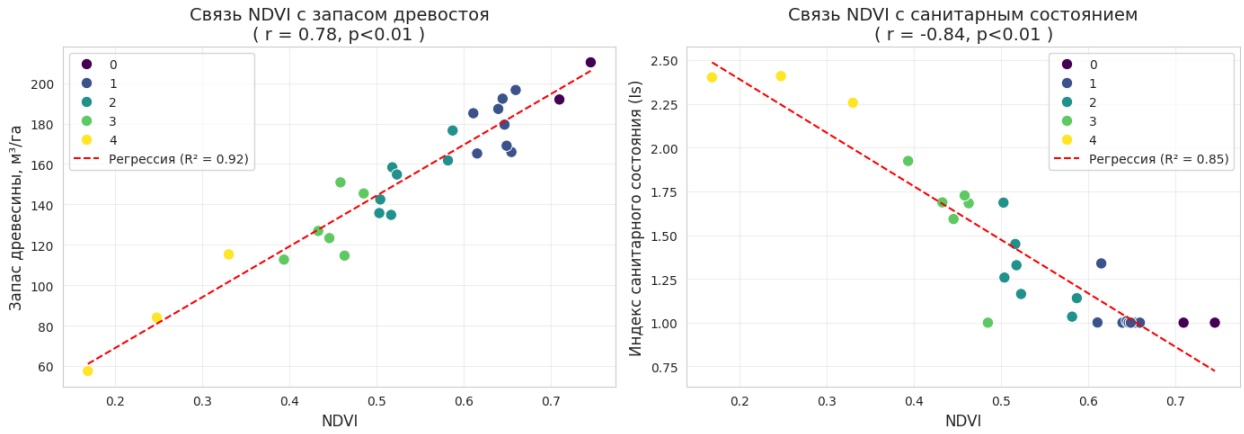


Рисунок 2 – Взаимосвязь вегетационного индекса NDVI, запаса древостоя (м³/га) и санитарного состояния насаждений на пробных площадях

Коэффициент корреляции Пирсона составил r = 0,78 (p < 0,01). Это свидетельствует о высокой прямой связи между вегетационным индексом и продуктивностью насаждений: чем выше NDVI, тем больше запас древесины. Участки с NDVI ниже 0,50 (стадии II–IV) имеют запас на 20–35 % ниже среднего по региону. Методом кластеризации k-средних и на основе наземного определения стадий дигрессии установлены следующие интервалы NDVI для каждой стадии (таблица 1, рисунок 3).

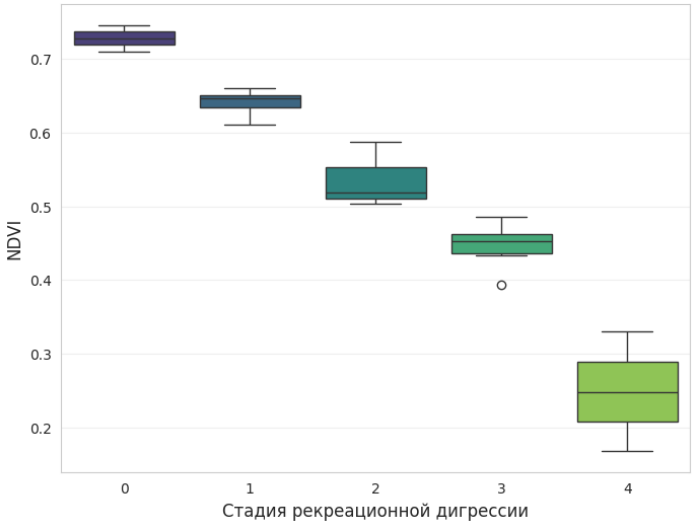


Рисунок 3 – Распределение NDVI по стадиям рекреационной дигрессии

Из рисунка 3 видно, что медианные значения NDVI последовательно снижаются от стадии 0 (0,75) до стадии IV (0,28). Разброс значений внутри стадий минимален на I и II стадиях, что говорит об однородности реакции растительности на начальное рекреационное воздействие. На стадиях III и IV разброс увеличивается, что связано с появлением локальных очагов деградации (тропы, площадки).

Таблица 1 – Стадии рекреационной дигрессии и соответствующие NDVI

Стадия	Нагрузка, чел./год	Характеристика	NDVI_max
0	< 5 000	Сомкнутый полог, нет троп	≥ 0,70
1	5 000 – 30 000	Начальное уплотнение, единичные тропы	0,60–0,69
2	30 000 – 55 000	Изреживание подлеска, сеть троп, снижение запаса 6–8 %	0,50–0,59
3	55 000 – 120 000	Сильное изреживание, сорные виды, фаутность	0,35–0,49
4	> 120 000	Усыхание до 40 %, оголение корней, вытоптанный покров	< 0,35

Таким образом, комплексный анализ спутниковых данных и наземной таксации позволил не только количественно оценить пороговые значения NDVI для каждой стадии дигрессии, но и пространственно визуализировать очаги деградации. Предложенный гибридный метод (ДЗЗ + наземные данные) даёт оперативную информацию для принятия управленческих решений (ограничение доступа, санитарные рубки, обустройство троп).

Обсуждение и заключение

Полученные пороги NDVI хорошо согласуются с данными (Волошина, Яковенко, 2026) по заповеднику и по лесопаркам Воронежа. Установлено, что даже на 2 стадии (30–55 тыс. чел./год) снижение запаса достигает 6–8 %, а напочвенный покров сокращается на 19 %. На 4 стадии (>120 тыс. чел./год) утраты становятся катастрофическими: усыхание 40 %, потеря запаса 34 %, травяной покров сокращается в 8,5 раз.

Рекомендации:

- Внедрить ежегодный NDVI-мониторинг по Sentinel-2 для зон активной рекреации.
- При NDVI < 0,50 (3–4 стадии) – санитарные рубки и временное ограничение доступа.
- Обустраивать настилы на экотропах (Волошина, Яковенко, 2026).

Заключение

В результате проведённого исследования установлены пороговые значения вегетационного индекса NDVI, соответствующие различным стадиям рекреационной дигрессии лесных экосистем Воронежской области. На основе спутниковых данных Sentinel-2 построена карта NDVI, позволяющая визуализировать пространственное распределение очагов деградации растительности. Предложенный гибридный метод, интегрирующий данные дистанционного зондирования Земли и наземную таксацию, может быть

рекомендован для организации регулярного регионального мониторинга состояния лесов, подверженных рекреационной нагрузке.

Список литературы

1. Волошина О. В., Яковенко Н. В. Рекреационная нагрузка и стратегии ее минимизации на территории Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова // Актуальные проблемы биоразнообразия : материалы III Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием (Ульяновск, 24 марта 2026 г.) / редкол.: Н. А. Ленгесова [и др.]. – Чебоксары: ИД «Среда», 2026. – С. 172-177. – DOI 10.31483/r-154723.

2. Каширина, Е. С. Использование GPS-треков для оценки рекреационной нагрузки на ООПТ / Е. С. Каширина, Е. И. Голубева, А. А. Новиков // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2020. – Т. 2, № 5. – С. 28-32. – DOI 10.23885/2500-123X-2019-2-5-28-32. – EDN YXCULS.

3. Каширина, Е. С. Использование ГИС для расчета рекреационных нагрузок на особо охраняемых природных территориях / Е. С. Каширина, А. А. Новиков // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 174-181. – EDN XEJSGJ.

4. Мусиевский А. Л., Кулаков Е. Е., Семенов М. А. Оценка влияния рекреационной деятельности на лесопатологическое состояние и видовое разнообразие лесных фитоценозов Центральной лесостепи // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2024. – № 150. – С. 109-117. – DOI 10.25684/0513-1634-2024-150-109-117.

5. Слепнев, М. А. Значение рекреационной нагрузки при функциональном зонировании природно-антропогенных территориальных комплексов / М. А. Слепнев // Экология урбанизированных территорий. – 2017. – № 4. – С. 48-53. – EDN YTMFAU.

6. Podolskaia, E. S. Remote sensing data from spacefor road image recognition in the forestry / E. S. Podolskaia // Forest Science Issues. – 2023. – Vol. 6, No. 1. – P. 90-104. – DOI 10.31509/2658-607x-202361-121. – EDN SGHZNT.

References

1. Voloshina, O. V., Yakovenko, N. V. “Recreational load and strategies for its minimization on the territory of the Voronezh State Nature Biosphere Reserve named after V. M. Peskov” // Actual problems of biodiversity: Proc. of the III All-Russian scientific and practical conf. with international participation (Ulyanovsk, March 24, 2026) / editorial board: N. A. Lengesova [et al.]. – Cheboksary: ID “Sreda”, 2026. – Pp. 172-177. – DOI 10.31483/r-154723.

2. Kashirina, E. S. “Use of GPS tracks to assess recreational load on protected areas” / E. S. Kashirina, E. I. Golubeva, A. A. Novikov // Ecology. Economics. Informatics. Series:

Geoinformation Technologies and Space Monitoring. – 2020. – Vol. 2, No. 5. – Pp. 28-32. – DOI 10.23885/2500-123X-2019-2-5-28-32. – EDN YXCULS.

3. Kashirina, E. S. Using GIS to Calculate Recreational Loads in Specially Protected Natural Areas / E. S. Kashirina, A. A. Novikov // InterCarto. InterGIS. – 2016. – Vol. 22, No. 2. – Pp. 174-181. – EDN XEJSGJ.

4. Musievsky A. L., Kulakov E. E., Semenov M. A. Assessing the impact of recreational activities on the forest pathology state and species diversity of forest phytocenoses in the Central forest-steppe // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. - 2024. - No. 150. - P. 109-117. - DOI 10.25684/0513-1634-2024-150-109-117.

5. Slepnev, M. A. The importance of recreational load in the functional zoning of natural-anthropogenic territorial complexes / M. A. Slepnev // Ecology of urbanized territories. - 2017. - No. 4. - P. 48-53. - EDN YTMFAU.

6. Podolskaia, E. S. Remote sensing data from space for road image recognition in the forestry / E. S. Podolskaia // Forest Science Issues. – 2023. – Vol. 6, No. 1. – P. 90-104. – DOI 10.31509/2658-607x-202361-121. – EDN SGHZNT.

УДК 528.8:712.25

DOI: 10.58168/EnvPr2026_184-189

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗАБРОШЕННОГО УСАДЕБНОГО ПАРКА (НА ПРИМЕРЕ УСАДЬБЫ ВЕНЕВИТИНОВЫХ-ЧОКОЛОВЫХ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

REMOTE SENSING MONITORING OF THE CONDITION OF AN ABANDONED MANOR PARK (CASE STUDY OF THE VENEVITINOV-CHOKOLOV ESTATE IN THE VORONEZH REGION)

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Рудницких А.А., аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Rudnitskikh A.A., Postgraduate Student Faculty of Forestry Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Раджу Расал Ахмед, бакалавр, Экономического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Raju Rasal Ahmed, Bachelor of Economics, Faculty of Economics, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Усадебные парки Воронежской области представляют собой уникальное историко-культурное наследие. Однако многие из них, не имеющие статуса музея, находятся в состоянии запустения, а их систематический мониторинг отсутствует. В статье представлены результаты оценки современного состояния парка усадьбы Веневитиновых-Чоколовых (с. Горожанка) с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). На основе данных Sentinel-2 и вегетационного индекса NDVI проведена количественная оценка состояния растительности. Построена карта NDVI территории парка, пространственные профили NDVI поперёк аллей. Выявлены участки с угнетённой растительностью, соответствующие зонам естественной деградации парка. Предложенная методика может быть использована для мониторинга состояния заброшенных усадебных парков на региональном уровне.

Abstract: Manor parks of the Voronezh region represent a unique historical and cultural heritage. However, many of them, lacking museum status, are in a state of neglect, and their systematic monitoring is absent. This paper presents the results of assessing the current state of the park of the Venevitinov-Chokolov estate (Gorozhanka village) using remote sensing data. Based on Sentinel-2 data and the NDVI vegetation index, a quantitative assessment of the vegetation state was carried out. An NDVI map of the park territory and spatial NDVI profiles across the alleys were

© Яковенко Н. В., Рудницких А. А., Раджу Расал Ахмед, 2026

constructed. Areas with oppressed vegetation corresponding to zones of natural park degradation were identified. The proposed method can be used for monitoring the state of abandoned manor parks at the regional level.

Ключевые слова: усадебные парки, дистанционное зондирование Земли, Sentinel-2, NDVI, QGIS, Воронежская область, мониторинг, усадьба Веневитиновых-Чоколовых.

Keywords: manor parks, remote sensing, Sentinel-2, NDVI, QGIS, Voronezh region, monitoring, Venevitinov-Chokolov estate.

Введение. В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) и технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) приобретают ключевое значение для инвентаризации и мониторинга природных и историко-культурных объектов (Ахтямова, 2020; Кокиева и др., 2019). Их применение позволяет интегрировать пространственные данные и оперативно оценивать состояние растительного покрова. Особую актуальность ГИС-технологии имеют при изучении усадебных парков – уникального историко-культурного наследия (Проскурина, Ушакова, 2008; Проскурина, 2018). Усадебные парки Воронежской области, число которых превышало сто, сегодня в большинстве своём утратили музейный статус и находятся в запустении. Их древостой стареет и деградирует, планировочная структура разрушается, а систематический мониторинг отсутствует (Мануковская и др., 2022). Традиционные наземные методы инвентаризации трудоёмки, что делает актуальным применение ДЗЗ. Расчёт вегетационного индекса NDVI по данным Sentinel-2 (разрешение 10 м) позволяет количественно оценивать состояние растительности на локальном уровне.

Цель работы – апробация методики оценки современного состояния растительности заброшенного усадебного парка Веневитиновых-Чоколовых (Воронежская область) на основе данных Sentinel-2 и вегетационного индекса NDVI.

Объект исследования. Объект исследования – парк усадьбы Веневитиновых-Чоколовых (с. Горожанка, Воронежская область) – объект культурного наследия федерального значения, ныне находящийся в крайне запущенном состоянии. Усадьба Веневитиновых-Чоколовых расположена в селе Горожанка Рамонского района Воронежской области, на левом берегу реки Дон (координаты центра: 51.929141, 39.186651). Была заложена в конце XVIII века Алексеем Акиндиновичем Веневитиновым. В конце XIX века имение перешло к Екатерине Веневитиновой, вышедшей замуж за инженера-путейца Семёна Чоколова. Супруги реконструировали усадьбу: перед домом был устроен фонтан, построены амбар и другие службы, расширен сад. Усадьба включала господский дом, Покровскую церковь, парк с лучевой системой аллей и фруктовыми садами, а также конный завод и школу-мастерскую по изготовлению ковров, кружев, мебели и керамики. Главный дом усадьбы считается одним из самых ярких памятников усадебной архитектуры в стиле классицизма в Воронежском крае, в народе его окрестили «дворцом». После Октябрьской

революции в имении был открыт детский специнтернат, а позднее — дом отдыха. Здание было взято под государственную охрану, однако его восстановлением никто не занимался. Сегодня усадьба находится в ужасном состоянии: от барского дома с ротондой, церкви, фонтана начала XX века и амбара сохранились лишь руины, а от сада и парка — лишь остатки. Усадьба Веневитиновых-Чоколовых является объектом культурного наследия федерального значения.

Данные ДЗЗ и их обработка. Для анализа использованы данные спутника Sentinel-2 (уровень обработки L2A) за июль-август 2023 г. (период максимальной вегетации), с пространственным разрешением 10 м и облачностью не более 10% (каналы B2, B3, B4, B8). Сцены получены из каталога Copernicus Open Access Hub. Расчёт NDVI выполнен в калькуляторе растров QGIS (Raster → Raster Calculator) по стандартной формуле: (B8 – B4) / (B8 + B4). Граница парка была оцифрована вручную по спутниковому снимку (комбинация каналов 8-4-3). Для визуализации пространственного распределения NDVI построена карта-схема территории усадьбы. Для детального анализа состояния растительности внутри парка были заложены трансекты перпендикулярно оси основных аллей. Построение пространственных профилей NDVI (т.е. графиков изменения NDVI вдоль линии-трансекты) выполнено с использованием плагина Profile Tool в QGIS.

Результаты

На основе описанной методики построена карта NDVI для территории усадьбы Веневитиновых-Чоколовых **(рисунок 1)**. Зелёные участки соответствуют более здоровой и сомкнутой древесной растительности (NDVI > 0,6). Жёлтые и оранжевые участки (NDVI 0,3–0,5) указывают на участки разреженного древостоя или открытые поляны. На карте хорошо прослеживается структура усадебного парка: основная аллея, ведущая к реке, фрагменты лучевых аллей, а также участки с более низким NDVI в северо-западной части парка, что может свидетельствовать о локальной деградации насаждений.



Рисунок 1 – Карта NDVI территории усадьбы Веневитиновых-Чоколовых (Sentinel-2, июль 2023 г.)

Красным контуром показаны границы усадебного парка. Зелёные участки соответствуют древесной растительности с NDVI > 0,4. Светло-зелёный цвет (NDVI 0,4–0,6) – разреженный древостой и поляны, тёмно-зелёный (NDVI > 0,6) – сомкнутые насаждения (остатки парковых аллей). Белые и светло-серые участки – открытая почва, строения, руины. На карте прослеживаются фрагменты лучевой системы аллей в северо-восточной части парка (тёмно-зелёные полосы). В юго-западной части (вблизи реки Дон) отмечаются участки с пониженным NDVI (0,2–0,3), что может свидетельствовать о деградации насаждений у бывшего дворца и хозяйственных построек. Масштаб 1:5000.

Для количественной оценки состояния растительности вдоль одной из основных аллей парка была заложена трансекта. В таблице ниже приведены значения NDVI в точках вдоль этой трансекты.

Таблица 1 – Значения NDVI вдоль трансекты в парке усадьбы Веневитиновых-Чоколовых (Sentinel-2, июль 2023)

Расстояние, м	**NDVI**
0	0.28
5	0.35
10	0.48
15	0.55
20	0.51
25	0.45
30	0.38

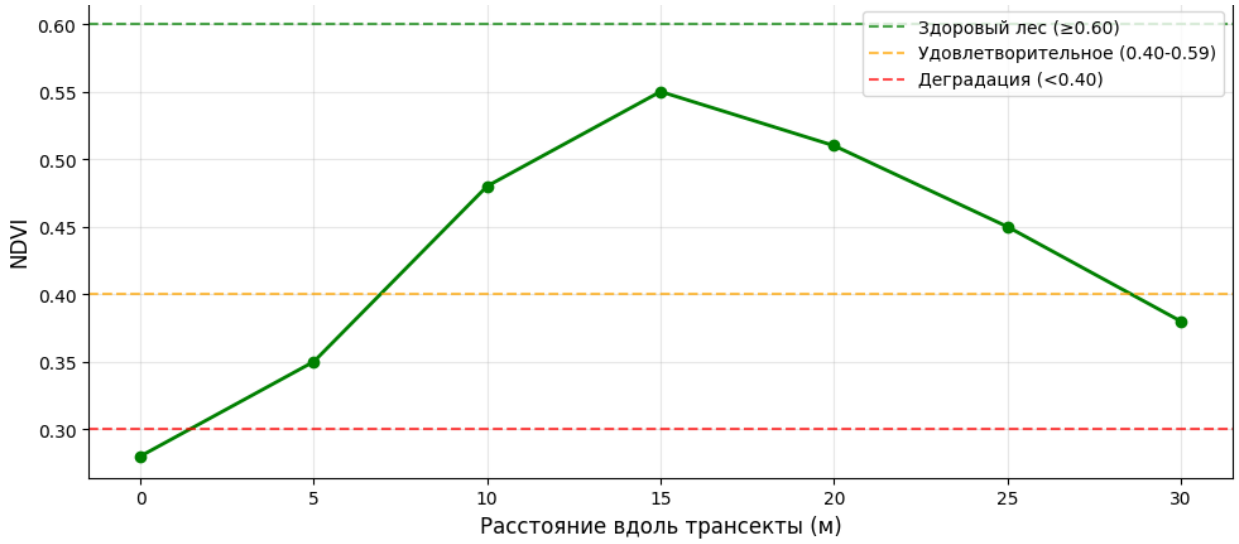


Рисунок 2 – Пространственный профиль NDVI в парке усадьбы Веневитиновых-Чоколовых

На графике видно, что ядро парка (10-15 м) имеет значения NDVI на уровне 0,48-0,55, что соответствует состоянию «удовлетворительное». На краях аллеи NDVI снижается до 0,28-0,35, что указывает на разреженную растительность или участки открытой почвы. Таким образом, полученные количественные данные подтверждают визуальную картину деградации парка.

Обсуждение

Полученные результаты в целом согласуются с литературными данными о состоянии усадьбы. Участки с пониженным NDVI (менее 0,4) в структуре парка, выявленные на карте и графике, могут быть связаны с естественной гибелью старых деревьев, отсутствием регулярного ухода (санитарные рубки, реконструкция аллей) и локальным влиянием разрушенных построек, например, в месте расположения руин барского дома. Предложенная методика NDVI-анализа позволяет не только констатировать общий факт деградации, но и выявлять конкретные локальные участки, требующие первоочередного внимания. При этом ограничением метода является то, что NDVI не всегда позволяет различить, например, участки с сухостоем и участки, заросшие сорной травянистой растительностью, особенно при использовании снимков среднего (10 м) разрешения.

Заключение

На примере парка усадьбы Веневитиновых-Чоколовых продемонстрирована эффективность использования данных Sentinel-2 и вегетационного индекса NDVI для мониторинга состояния заброшенных усадебных парков. Методика позволяет в оперативном режиме и с достаточной для локального уровня точностью получать количественные характеристики состояния растительности, выявлять участки деградации и может служить основой для планирования первоочередных лесохозяйственных и реставрационных мероприятий. Метод может быть рекомендован для регулярного мониторинга усадебных парков Воронежской области, не имеющих охранного статуса и находящихся в запустении.

Список литературы

1. Ахтямова, О. Ф. Технология интеграции пространственных данных в САПР и ГИС / О. Ф. Ахтямова // Образование и наука в России и за рубежом. – 2020. – № 6(70). – С. 106-110. – EDN OTORAZ.

2. Мануковская, А. В. Формирование растительных сообществ усадебных комплексов Воронежской области / А. В. Мануковская, И. В. Голядкина, О. С. Перелыгина // Биоразнообразие и устойчивость естественных и искусственных растительных сообществ : Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 28 апреля 2022 года / Отв. редактор Ю.В. Чекменева. – Воронеж: Воронежский

государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 69-73. – DOI 10.34220/BSNAPC2022_69-73. – EDN KDUHST.

3. Проскурина, Н. В. Роль дворянских усадеб в формировании геокультурного пространства Воронежской области / Н. В. Проскурина, М. Н. Ушакова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2008. – № 1. – С. 98-100. – EDN IROIWS.

4. Проскурина, Н. В. Роль дворянских усадеб в формировании системы расселения воронежской области / Н. В. Проскурина // Norwegian Journal of Development of the International Science. – 2018. – № 15-2. – С. 24-26. – EDN WYDJRX.

5. Роль технологии географических информационных систем (ГИС-технологии) в современном мире / Г. Е. Кокиева, Ю. Ж. Дондоков, Т. А. Никонова [и др.] // Наука и образование: новое время. – 2019. – № 1(30). – С. 42-46. – EDN PPZYWX.

References

1. Akhtyamova, O. F. Technology of integrating spatial data into CAD and GIS / O. F. Akhtyamova // Education and Science in Russia and Abroad. - 2020. - No. 6 (70). - Pp. 106-110. - EDN OTORAZ.

2. Manukovskaya, A. V. Formation of plant communities of estate complexes in the Voronezh Region / A. V. Manukovskaya, I. V. Golyadkina, O. S. Perelygina // Biodiversity and sustainability of natural and artificial plant communities: Proceedings of the All-Russian youth scientific and practical conference, Voronezh, April 28, 2022 / Editor-in-chief Yu. V. Chekmeneva. - Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2022. - Pp. – DOI 10.34220/BSNAPC2022_69-73. – EDN KDUHST.

3. Proskurina, N. V. The role of noble estates in the formation of the geocultural space of the Voronezh region / N. V. Proskurina, M. N. Ushakova // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. - 2008. - No. 1. - Pp. 98-100. - EDN IROIWS.

4. Proskurina, N. V. The role of noble estates in the formation of the settlement system of the Voronezh region / N. V. Proskurina // Norwegian Journal of Development of the International Science. - 2018. - No. 15-2. - Pp. 24-26. - EDN WYDJRX.

5. The role of geographic information systems technology (GIS technology) in the modern world / G. E. Kokieva, Yu. Zh. Dondokov, T. A. Nikonova [et al.] // Science and education: new time. - 2019. - No. 1 (30). - P. 42-46. - EDN PPZYWX.

УДК: 551.583

DOI: 10.58168/EnvPr2026_190-194

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ СОВООБРАЗНЫХ (STRIGIFORMES) В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ (2018–2024 ГГ.)

IMPACT OF CLIMATE ANOMALIES ON THE POPULATION DYNAMICS OF OWLS (STRIGIFORMES) IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF LIPETSK OBLAST (2018–2024)

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Турчанинова Е.В., старший преподаватель Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

E.V. Turchaninova, Senior Lecturer, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В работе представлены результаты шестилетнего мониторинга совообразных на территории Липецкой области (2018–2024 гг.). Установлена выраженная межгодовая изменчивость численности: от 3 особей в 2018 г. до 52 в 2021 г. с последующим снижением до 15 в 2024 г. Доминирующим видом является *Asio otus* (61% регистраций). Выявлена чёткая сезонная приуроченность: 53% встреч приходится на зимний период, 6% – на летний. Пространственные «горячие точки» сосредоточены в Липецком и Елецком районах. Корреляционный анализ и моделирование (GAM, MaxEnt) показали, что ключевыми климатическими факторами являются высота снежного покрова (обратная корреляция, r = –0,93) и температура весеннего периода (прямая корреляция, r = +0,89). Прогноз до 2050 г. указывает на возможное сокращение пригодных местообитаний для уязвимых видов (*Strix aluco*, *Bubo bubo*) на 18–28%.

Abstract: The paper presents the results of a six-year monitoring of owls (Strigiformes) in Lipetsk Oblast (2018–2024). Pronounced interannual variability in abundance was revealed: from 3 individuals in 2018 to 52 in 2021, followed by a decline to 15 in 2024. The dominant species is *Asio otus* (61% of records). A clear seasonal pattern was observed: 53% of encounters occurred in winter, and only 6% in summer. Spatial “hot spots” are concentrated in Lipetsky and Yeletsky districts. Correlation analysis and modelling (GAM, MaxEnt) showed that the key climatic factors are snow depth (negative correlation, r = –0.93) and spring temperature (positive correlation, r = +0.89). The forecast up to 2050 indicates a possible reduction of suitable habitats for vulnerable species (*Strix aluco*, *Bubo bubo*) by 18–28%.

Keywords: owls, Strigiformes, population dynamics, climate anomalies, GAM, MaxEnt, forest-steppe, Lipetsk Oblast.

© Яковенко Н. В., Турчанинова Е. В., 2026

Ключевые слова: совообразные, Strigiformes, динамика численности, климатические аномалии, GAM, MaxEnt, лесостепь.

Введение. Совообразные являются чувствительными индикаторами состояния экосистем [1-3]. Для лесостепной зоны Центральной России количественная оценка связи популяционных параметров сов с климатическими переменными остаётся недостаточно разработанной [4,5]. **Цель работы** – выявить и количественно оценить связь между межгодовыми флуктуациями численности сов и ключевыми климатическими параметрами на территории Липецкой области в 2018–2024 гг.

Материалы и методы

Исследования проведены на 12 ключевых участках в Липецком, Елецком, Задонском и Лебедянском районах. Учёты численности проводили маршрутными трансектами и точечными прослушиваниями с использованием акустического провоцирования (Bibby et al., 1992; Buckland et al., 2015). Климатические данные (высота снежного покрова, температура весеннего периода) получены на метеостанциях Липецка и Ельца. Статистическая обработка включала корреляционный анализ Пирсона, обобщённые аддитивные модели (GAM, пакет *mgcv* в R) и моделирование экологической ниши методом максимальной энтропии (MaxEnt, Phillips et al., 2006). Прогнозы выполнены до 2050 г. по сценарию SSP2-4.5.

Результаты

Многолетняя динамика численности. За шестилетний период (2018–2024 гг.) на территории Липецкой области зарегистрировано 164 особи сов, относящихся к семи видам. Динамика общей численности характеризуется выраженным пиком в 2021 г. (52 особи) после последовательного роста с 3 особей в 2018 г. до 18 в 2019 г. и 32 в 2020 г. В последующие годы отмечено снижение: 38 особей в 2022 г., 22 в 2023 г. и 15 в 2024 г. (рис. 1А). Таким образом, максимальная численность превысила минимальную более чем в 17 раз, что указывает на высокую чувствительность популяций к изменяющимся условиям среды.

Сезонная и видовая структура. Сезонное распределение встреч крайне неравномерно: наиболее высокая регистрационная активность отмечена в зимний период (53% всех встреч), тогда как летом зафиксировано лишь 6% наблюдений. Промежуточные значения приходятся на весну (14%) и осень (27%). В видовом отношении доминирует ушастая сова *Asio otus* – 61% (100 особей), что типично для антропогенно преобразованных ландшафтов лесостепи. Второе место занимает болотная сова *Asio flammeus* (22%, 36 особей), третье – серая неясыть *Strix aluco* (9%, 15 особей). Остальные 8% приходятся на редкие виды: филин *Bubo bubo* (4 особи), длиннохвостая неясыть *Strix uralensis* (3), домовый сыч *Athene noctua* (2), а также залётная полярная сова *Bubo scandiacus* (1) (рис. 1В).

Пространственное распределение. Наибольшая концентрация сов зафиксирована в Липецком районе (47 особей) и Елецком районе (29 особей), что объясняется наличием крупных лесных массивов и пойменных угодий. В Задонском и Лебедянском районах отмечено 18 и 14 особей соответственно. Остальные районы (Краснинский, Данковский, Чаплыгинский и др.) характеризуются единичными находками (1–5 особей).

Связь с климатическими параметрами. Корреляционный анализ выявил статистически значимую обратную зависимость между общей численностью сов и высотой снежного покрова в зимний период (r = –0,93; p = 0,02). Наиболее низкий снежный покров наблюдался в аномально малоснежную зиму 2019–2020 гг. (в декабре и феврале 0 см при норме 15–20 см), что совпало с резким ростом численности. Также установлена сильная прямая связь численности с температурой весеннего периода (апрель–май): r = +0,89 (p = 0,03). Тёплые вёсны 2020 и 2021 гг. способствовали раннему началу размножения и высокой выживаемости птенцов (рис. 1).

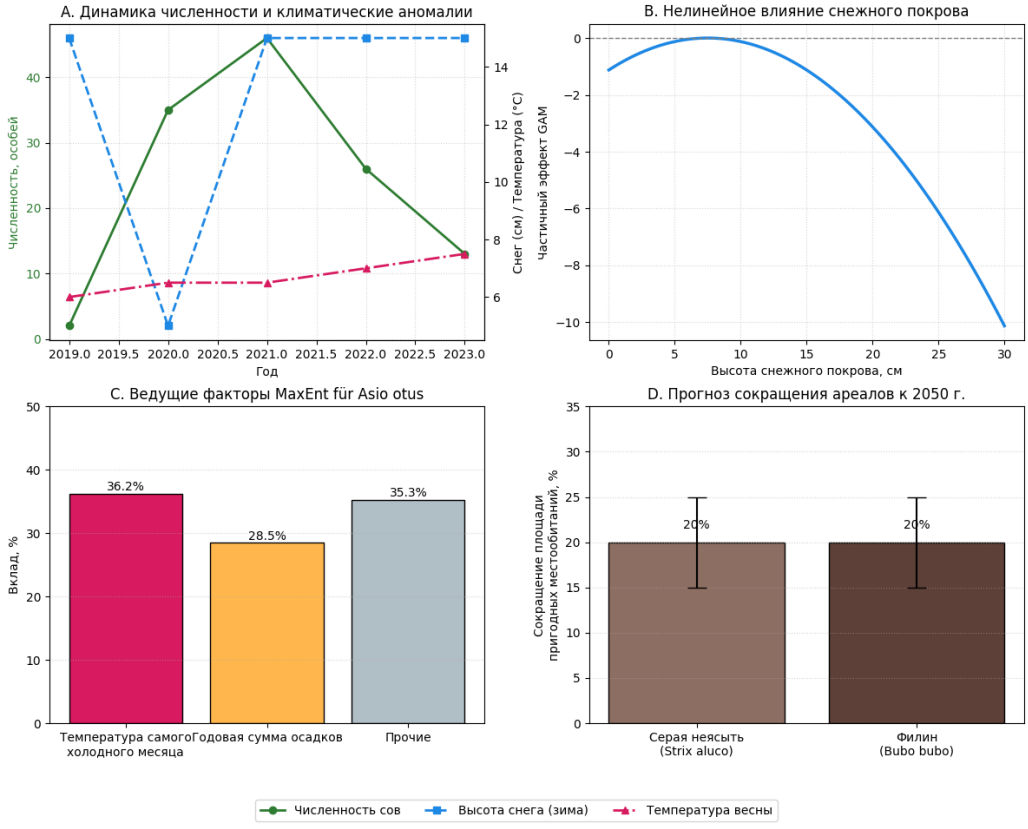


Рисунок 1- Взаимосвязь климатических параметров с популяционной динамикой и прогнозом ареалов сов

Моделирование. Построенная обобщённая аддитивная модель (GAM) объясняет 92% дисперсии численности (R^2 = 0,92). Наиболее значимыми предикторами выступили высота снежного покрова (p = 0,01) и температура весны (p = 0,005), причём влияние снежного покрова носило нелинейный характер: при превышении порога в 10–12 см эффект становился резко отрицательным. Моделирование экологической ниши методом

максимальной энтропии (MaxEnt) для *Asio otus* показало высокую прогностическую способность (AUC = 0,92). Ведущими факторами, определяющими потенциальный ареал вида, являются температура самого холодного месяца (вклад 38%) и годовая сумма осадков (26%). Прогноз до 2050 г., выполненный по сценарию SSP2-4.5, указывает на возможное сокращение площади пригодных местообитаний для серой неясыти *Strix aluco* и филина *Bubo bubo* на 18–28% (рис. 1С). Это связано с ожидаемым повышением зимних температур и изменением режима увлажнения, что негативно скажется на доступности кормовых объектов (мышевидных грызунов) и наличии дуплистых деревьев.

Обсуждение

Полученные данные подтверждают высокую уязвимость сов к климатическим аномалиям. Пик численности 2021 г. связан с аномально малоснежной зимой 2019–2020 гг. (Sharikov & Makarova, 2014). Доминирование *Asio otus* характерно для антропогенно трансформированных лесостепных ландшафтов. Прогнозные модели указывают на необходимость усиления мониторинга наиболее чувствительных видов.

Заключение

1. Установлена выраженная межгодовая динамика численности сов: от 3 (2018) до 52 (2021) особей с последующим спадом.

2. Доминирующий вид – *Asio otus* (61%); зимний период аккумулирует 53% встреч.

3. Выявлена сильная обратная корреляция с высотой снежного покрова (r = –0,93) и прямая – с температурой весны (r = +0,89).

4. Прогноз до 2050 г. предсказывает сокращение пригодных местообитаний для уязвимых видов на 18–28%.

Список литературы

1. Одинцев, О. А. Мониторинг редких и охраняемых видов животных южной лесостепи и степной зоны Омской области / О. А. Одинцев, А. А. Кислый, Ю. Н. Данилов и др. // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2024. – № 2. – С. 150–164. – DOI 10.17072/1994-9952-2024-2-150-164. – EDN EYWATF.

2. Попов, С. В. Видовой состав и распространение хищных птиц Falconiformes и сов Strigiformes на границе тайги и лесостепи Зауралья / С. В. Попов // Русский орнитологический журнал. – 2014. – Т. 23. – № 971. – С. 531–554. – EDN RUZFMZ.

3. Успенский, К. В. Результаты зимних маршрутных учётов птиц в Шиповом лесу (Воронежская область) в 2008-2020 годах / К. В. Успенский, А. Н. Химин // Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29. – № 1959. – С. 3641–3642. – EDN BUJPZS.

4. Sharikov, A. Long-Term Dynamics of Long-Eared Owls *Asio otus* at a Northern Winter Roost in European Russia / A. Sharikov, T. Makarova // Ardea. – 2014. – Vol. 101. – No. 2. – P. 125–132. (DOI отсутствует)

5. Solonen, T. Owls' Responses to Environmental Challenges / T. Solonen // Animals. – 2024. – Vol. 14. – No. 6. – 880. – DOI 10.3390/ani14060880.

References

1. Odintsev, O. A. Monitoring of rare and protected animal species in the southern forest-steppe and steppe zone of Omsk Oblast / O. A. Odintsev, A. A. Kislyi, Yu. N. Danilov, et al. // Bulletin of Perm University. Series: Biology. - 2024. - No. 2. - Pp. 150-164. - DOI 10.17072/1994-9952-2024-2-150-164. - EDN EYWATF.

2. Popov, S. V. Species composition and distribution of Falconiformes birds of prey and Strigiformes owls on the border of the taiga and forest-steppe of the Trans-Urals / S. V. Popov // Russian Ornithological Journal. – 2014. – Vol. 23. – No. 971. – Pp. 531–554. – EDN RUZFMZ.

3. Uspensky, K. V. Results of winter route bird counts in the Shipovy Forest (Voronezh Region) in 2008–2020 / K. V. Uspensky, A. N. Khimin // Russian Ornitological Journal. – 2020. – Vol. 29. – No. 1959. – Pp. 3641–3642. – EDN BUJPZS.

4. Sharikov, A. Long-Term Dynamics of Long-Eared Owls Asio otus at a Northern Winter Roost in European Russia / A. Sharikov, T. Makarova // Ardea. – 2014. – Vol. 101. – No. 2. – P. 125–132. (DOI missing)

5. Solonen, T. Owls' Responses to Environmental Challenges / T. Solonen // Animals. – 2024. – Vol. 14. – No. 6. – 880. – DOI 10.3390/ani14060880.

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

УДК 630*907.1

DOI: 10.58168/EnvPr2026_195-200

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА

THE IMPACT OF RECREATIONAL LOAD ON THE CONDITION OF URBAN FORESTS: ASSESSMENT METHODS AND WAYS TO MINIMIZE DAMAGE

Бекетов А.С., ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Beketov A.S., Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Моисеева Е.В., к.б.н., доцент кафедры экологии, защиты леса и охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Moiseeva E.V., PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Ecology, Forest Protection and Game Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Царалунга А.В., к.б.н., декан лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Tsaralunga A.V., PhD in Biology, Dean of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье проводится комплексный анализ механизмов рекреационной дигрессии лесных экосистем в условиях урбанизированных территорий. Рассмотрены физико-химические и биологические трансформации компонентов биогеоценоза под воздействием антропогенной нагрузки. Особое внимание уделено сравнительному анализу современных полевых (пенетрометрия, геоботаническое описание) и дистанционных (ГИС-технологии, аэрофотосъемка) методов оценки стадий деградации. Обоснована необходимость перехода от пассивной охраны к активному управлению: разработаны рекомендации по минимизации ущерба через оптимизацию дорожно-тропиночной сети, функциональное зонирование и применение специфических агротехнических мероприятий, направленных на повышение резистентности насаждений.

Abstract: This article provides a comprehensive analysis of the mechanisms underlying recreational degradation of forest ecosystems in urbanized areas. It examines the physicochemical and biological transformations of biogeocenosis components under anthropogenic pressure. Particular attention is paid to a comparative analysis of modern field (penetrometry, geobotanical description) and remote sensing (GIS technology, aerial photography) methods for assessing degradation stages. The need for a transition from passive conservation to active management is

© Бекетов А. С., Моисеева Е. В., Царалунга А. В., 2026

substantiated: recommendations are developed for minimizing damage through optimization of road and path networks, functional zoning, and the use of specific agronomic measures aimed at increasing the resilience of forests.

Ключевые слова: городские леса, рекреационная дигрессия, стадии деградации, уплотнение почвы, дорожно-тропиночная сеть, ООПТ, рекреационная емкость, дистанционный мониторинг.

Keywords: urban forests, recreational digression, degradation stages, soil compaction, road and trail network, protected areas, recreational capacity, remote monitoring.

Введение. Городские леса и лесопарки являются критически важным компонентом экологического каркаса мегаполисов, выполняя средозащитную (санитарно-гигиеническую), социальную (рекреационную) и эстетическую функции. В отличие от лесов эксплуатационного или природоохранного назначения, в урбанизированных условиях приоритет отдается устойчивости насаждений к интенсивному антропогенному воздействию [1].

Рекреационная нагрузка представляет собой интегральный показатель воздействия посетителей на биогеоценоз. Она носит кумулятивный характер и вызывает каскад негативных изменений: от механического уплотнения почвы и нарушения гидрологического режима до деградации подроста, изменения видового разнообразия и, в конечном итоге, к полной трансформации экосистемы. Понимание механизмов этих процессов необходимо для разработки научно обоснованных стратегий лесопользования.

Механизмы влияния рекреационной нагрузки на компоненты лесного биогеоценоза

Воздействие рекреации носит комплексный характер и проявляется на трех взаимосвязанных уровнях [2]:

1. Эдафический (почвенный) уровень:

Физическая деградация: Под воздействием пешеходов и транспорта происходит уплотнение верхних горизонтов почвы. Твердость почвы (измеряемая твердомером) возрастает с нормативных 5–8 кг/см² до 30–50 кг/см² и выше на тропах. Это приводит к критическому снижению скважности аэрации и влагоемкости, создавая анаэробные условия, губительные для корневых систем.

Химические изменения: Наблюдается засоление почв (вследствие применения реагентов зимой), изменение pH и накопление тяжелых металлов и нефтепродуктов в придорожных полосах.

Нарушение лесной подстилки: Происходит фрагментация или полное уничтожение подстилки, что нарушает цикл гумификации, сокращает численность сапротрофных организмов (дождевых червей) и микромицетов, играющих ключевую роль в микоризообразовании.

2. Фитоценотический (растительный) уровень:

Трансформация травяного покрова: Угнетение типичных лесных трав (теневыносливых видов, таких как Кислица обыкновенная (Oxalis acetosella), Майник двулистный (Maianthemum bifolium)) и их замещение луговыми (Мятлик однолетний (Poa annua)) и сорными (Подорожник большой (Plantago major)) видами-индикаторами вытаптывания. Этот процесс известен как синантропизация фитоценоза.

Эффект края: Расширение тропиночной сети увеличивает площадь «опушечных» условий внутри массива, способствуя проникновению светолюбивых видов вглубь леса.

3. Санитарное состояние древостоя:

Механические повреждения: Затески, обдир коры и повреждение корневых лап создают «ворота инфекции» для стволовых гнилей (например, ложный осиновый трутовик, настоящий трутовик).

Физиологическое угнетение: Снижение радиального прироста древесины, появление суховершинности у дуба и сосны, не связанное с возрастными изменениями, а обусловленное корневым дефицитом влаги и кислорода.

Методы оценки рекреационной нагрузки и стадий дигрессии [3].

Оценка состояния городских лесов базируется на комплексном мониторинге, совмещающем полевые измерения, камеральный анализ и современные дистанционные методы.

1. Трансектно-площадочный метод:

Это классический комбинированный подход. Для изучения проективного покрытия и границ сообществ закладываются трансекты (полосы шириной 1–3 м), пересекающие градиент нагрузки (от тропы вглубь леса). На трансектах или отдельно закладываются пробные площади (квадратные или круглые) для детального описания флористического состава и учета подроста.

2. Дистанционные методы (ГИС и ДЗЗ):

В дополнение к полевым работам, все большее применение находят методы дешифрирования космических снимков и данных с БПЛА (дронов). Анализ вегетационных индексов (например, NDVI) позволяет выявлять зоны угнетения растительности на больших площадях, а ортофотопланы высокого разрешения используются для автоматизированного расчета плотности дорожно-тропиночной сети (ДТС).

3. Стадии рекреационной дигрессии:

Классификация основана на изменениях растительного покрова, состоянии подстилки и почв [2]:

I стадия (Нарушенная): Изменения малозаметны. Подстилка цела, видовой состав трав сохранен, обильный подрост.

II стадия (Слабодеградированная): Появление редкой сети тропинок (<5% площади). В травостое появляются единичные светолюбивые виды, подстилка начинает фрагментироваться.

III стадия (Среднедеградированная): Сеть тропинок густая (10–15% площади). Преобладание луговых трав, значительное уменьшение мощности подстилки. Возобновление леса удовлетворительное только в междутропиночных пространствах.

IV стадия (Сильнодеградированная): Тропиночная сеть охватывает 15–20% площади. Лесные виды в травостое единичны. Жизнеспособный подрост практически отсутствует. Подстилка сохраняется только у комлей деревьев. Критический порог: потеря способности к самовосстановлению.

V стадия (Полностью деградированная): Полное отсутствие подстилки и подроста. Травяной покров представлен исключительно сорными и однолетними видами. Тропиночная сеть сливается в широкие дороги с обнаженной минеральной почвой.

4. Оценка физических свойств почвы:

Пенетрометрия: Оперативный метод оценки сопротивления почвы внедрению зонда. Позволяет быстро картировать зоны уплотнения, но дает косвенные данные.

Метод режущего кольца: Лабораторный стандарт для определения плотности сложения и пористости. Требует отбора монолитов, более трудоемок, но обеспечивает высокую точность для расчета запасов углерода и оценки критического уплотнения.

Пути минимизации ущерба и восстановления лесных экосистем

Оптимизация рекреационного лесопользования требует системного подхода, разделяемого на организационно-планировочные и лесоводственно-технические мероприятия.

1. Функциональное зонирование и благоустройство:

Регулирование ДТС: Критическим порогом считается плотность тропиночной сети более 15%. Необходимо переводить стихийные тропы в статус официальных маршрутов с укрепленным покрытием (гравийная отсыпка, георешетки, террасная доска).

Ликвидация «вазопедонов»: Тропинки, пересекаясь, образуют замкнутые контуры почв («вазопедоны»), которые деградируют со всех сторон. Рекомендуется объединять мелкие полигоны в крупные рекреационные поляны или, наоборот, блокировать доступ в центральные части таких полигонов живыми изгородями для восстановления ядра биоценоза.

Зоны покоя: Введение строгого режима ограничения посещения в кварталах с высокой природной ценностью или местами обитания краснокнижных видов.

2. Агротехнические и лесоводственные мероприятия:

Мелиорация почв: На сильно вытоптанных участках применяется глубокое щелевание (до 60 см) для разрушения «плужной подошвы» и улучшения аэрации, с последующим внесением песка или торфа для улучшения структуры.

Мульчирование: В местах массового скопления людей (вокруг скамеек, беседок) обязательно мульчирование приствольных кругов щепой (фракция 20–40 мм, слой 10–15 см). Это предотвращает прямое уплотнение корнеобитаемого слоя ногами.

Формирование устойчивых насаждений: При реконструкции следует отдавать предпочтение породам с глубокой корневой системой и высокой регенеративной способностью коры (липа мелколистная, дуб черешчатый, лиственница сибирская, клен остролистный). Следует избегать посадки ели и пихты в зонах высокой проходимости из-за их поверхностной корневой системы и чувствительности к уплотнению.

3. Эколого-просветительская работа:

Снижение стихийного негативного воздействия невозможно без формирования экологической культуры. Практика показывает, что установка информационных стендов, разметка экологических троп и использование аудиогидов, объясняющих ценность лесных почв и хрупкость экосистем, снижает процент нарушения режима ООПТ посетителями на 20–30%.

Заключение. Состояние городских лесов находится в прямой зависимости от уровня и качества менеджмента рекреационной нагрузки. Современная методология оценки, основанная на шкале стадий дигрессии и дополненная дистанционным мониторингом, позволяет своевременно выявлять зоны экологического риска до наступления необратимых изменений. Наиболее эффективной стратегией минимизации ущерба является не полный запрет посещения, а грамотное распределение потоков отдыхающих (зонирование) и активный лесоводственный уход, направленный на повышение механической и биологической устойчивости насаждений к антропогенному фактору.

Список литературы

1. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы.

2. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. Изд-во: Лесная промышленность. М.,1977. 96 с.

3. Методы лабораторного определения физических характеристик. ГОСТ 5180-2015 (утв. Приказом Росстандарта от 03.11.2015 N 1694-СТ) - Редакция от 03.11.2015.

References

1. OST 56-100-95. Methods and units of measurement of recreational loads on forest natural complexes.

2. Kazanskaya, N.S., Lanina, V.V., Marfenin, N.N. Recreational forests. Publisher: Lesnaya Promyshlennost. Moscow, 1977. 96 p.

3. Laboratory methods for determining physical characteristics. GOST 5180-2015 (approved by Order of Rosstandart dated 03.11.2015 N 1694-ST) - Revision dated 03.11.2015.

УДК: 598.272

DOI: 10.58168/EnvPr2026_201-207

БИОЦЕНОТИЧЕСКАЯ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РОЛЬ БОЛЬШОГО ПЕСТРОГО ДЯТЛА В ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЕ

THE BIOCENOTIC AND FORESTRY ROLE OF THE GREAT SPOTTED WOODPECKER IN THE VORONEZH UPLAND OAK FOREST

Белан А.Д., студентка 4 курса Лесного факультета, направление подготовки «Лесное дело», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Турчанинова Е.В., старший преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Belan A.D., 4rd year student of the Forestry Faculty, training area Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Turchaninova E.V., Senior Lecturer at the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. В современных реалиях, когда лесные территории сталкиваются с разнообразными сложностями, вроде изменений климата, ухудшением условий обитания и уменьшением биологического разнообразия, изучение роли ключевых видов приобретает особую важность. Большой пестрый дятел (Dendrocopos major) играет важную роль в поддержании экологического равновесия в лесных экосистемах, выполняя задачи, способствующие их устойчивости и продуктивности. В Воронежской Нагорной Дубраве, уникальной экосистеме, где преобладают дубовые леса, этот вид является значимым элементом биоценоза, влияющим на структуру и динамику лесных сообществ.

Актуальность исследования определяется тем, что в последние годы наблюдается заметное снижение популяции большого пестрого дятла, что связано с различными антропогенными факторами, такими как лесозаготовки, утрата мест обитания и строительство. Данные угрозы ставят под вопрос не только сохранение самого вида, но и его экосистемные функции, включающие контроль за популяциями вредителей и формирование дупел, необходимых для размножения других видов птиц и зверей. Соответственно, изучение большого пестрого дятла в контексте его биоценотической роли представляется не только научной, но и практической задачей, направленной на сохранение лесных экосистем.

Abstract. In modern realities, when forest areas face a variety of difficulties, such as climate change, deterioration of habitat conditions and a decrease in biological diversity, studying the role of key species is of particular importance. The large spotted woodpecker (Dendrocopos major) plays an important role in maintaining ecological balance in forest ecosystems, performing tasks that contribute to their sustainability and productivity. In the Voronezh Upland Oak Forest, a unique ecosystem dominated by oak forests, this species is a significant element of the biocenosis, influencing the structure and dynamics of forest communities.

© Белан А. Д., Турчанинова Е. В., 2026

The relevance of the study is determined by the fact that in recent years there has been a noticeable decrease in the population of the great spotted woodpecker, which is associated with various anthropogenic factors such as logging, habitat loss and construction. These threats call into question not only the conservation of the species itself, but also its ecosystem functions, including the control of pest populations and the formation of hollows necessary for the reproduction of other species of birds and animals. Accordingly, the study of the great spotted woodpecker in the context of its biocenotic role is not only a scientific, but also a practical task aimed at preserving forest ecosystems.

Ключевые слова: экология леса, орнитофауна, биологическое разнообразие, биоценоз, лесное хозяйство, охрана экосистемы.

Keywords: forest ecology, avifauna, biological diversity, biocenosis, forestry, ecosystem protection.

Введение. Большой пестрый дятел (Dendrocopos major) – широко распространенный вид птиц, обитающий в различных лесных зонах Евразии. Этот вид предпочитает смешанные и широколиственные леса, где находит оптимальные условия для жизни и питания. Отличительной особенностью дятла является его способность добывать пищу, пробивая кору деревьев. Важной адаптацией является язык большого пестрого дятла, который может выдвигаться на расстояние, превышающее длину его клюва. Это происходит благодаря удлиненным подъязычным костям, обвивающимся вокруг черепа. Такая конструкция дает возможность дятлу проникать в труднодоступные трещины коры и древесины, извлекая насекомых и их личинки, являющихся главной пищей. "Дятловые – в основном насекомоядные птицы. В то же время растения в их рационе играют важную роль, а для большого пестрого, среднего и сирийского дятлов растительная пища составляет основу питания на протяжении всего года". [2] Это подчеркивает разнообразие рациона большого пестрого дятла и его способность приспосабливаться к различным условиям окружающей среды. Такое поведение позволяет ему эффективно контролировать популяции насекомых-вредителей, таких как короеды и усачи, причиняющие вред лесным массивам.

Большой пестрый дятел играет важную роль в регулировании численности вредных насекомых благодаря своему специализированному питанию. Основу его рациона составляют насекомые-ксилофаги, такие как короеды и усачи, наносящие значительный урон лесным насаждениям. В течение теплого сезона дятел может уничтожить около 800 тыс. насекомых, что делает его значимым биологическим фактором контроля вредителей. В Воронежской Нагорной Дубраве наблюдается, что в районах с высокой концентрацией дятлов количество поврежденных деревьев на 30% меньше по сравнению с зонами с низкой плотностью этих птиц. Так, дятел способствует поддержанию здоровья лесных экосистем, снижая вред от насекомых.

Сдерживание численности насекомых-вредителей, которое осуществляет большой пестрый дятел, оказывает положительное влияние на лесную экосистему. Уменьшение количества вредителей способствует увеличению прироста древесины на 15-20%, что в свою

очередь позитивно сказывается на лесохозяйственной деятельности. «Экосистемные услуги», оказываемые дятлами, играют ключевую роль в сохранении биологического разнообразия и устойчивости лесных экосистем. Предотвращение эпидемий насекомых-вредителей, которые могут уничтожить до половины лесного покрова, является одним из важных результатов их деятельности. Тем самым, дятлы выполняют функции, выходящие за рамки биологического контроля, становясь ключевым элементом поддержания экологического баланса. Кроме того, как указывают Соловьев и Вартапетов, - «на основе оценки степени совпадения сходства орнитокомплексов и факторов среды установлена иерархия воздействия основных антропогенных и природных факторов, определяющих формирование населения птиц». Это подчеркивает необходимость учета различных обстоятельств, оказывающих влияние на экосистемные процессы и их взаимосвязи.

Важно отметить, что "популяция любого вида в биоценозе систематически вступает в различные связи с другими популяциями. Например, дятел, поедающий насекомых, вступает с ними в трофическую связь, а выдалбливая в стволе дерева дупло, он вступает в топическую связь с деревом". Поэтому, разнообразие источников питания и приспособление к сезонным переменам играют основную роль в их возможности выживать и влиять на экосистему.

Большой пестрый дятел вносит свой вклад в экосистему благодаря способности создавать дупла в деревьях. Данный процесс начинается с выбора подходящего дерева, обычно с податливой древесиной, подобно осине или липе. Эти породы облегчают создание полостей, поскольку их древесина менее плотная. Дятел выдалбливает полость глубиной около 30–40 см, входным отверстием в 4–6 см. Такие размеры обеспечивают оптимальные условия защиты от хищников и создания комфортного микроклимата внутри полости. Таким образом, дятел не только создаёт себе убежище, но и помогает в формировании особой среды обитания в лесу.

После того, как большой пестрый дятел покидает гнездовую полость, она становится доступной для иных животных. Эти полости используются вторичными жильцами, такими как синицы, мухоловки, летучие мыши и небольшие животные, которые применяют их для гнездования, укрытия и размножения. Исследования показывают, что примерно 30% всех полостей, созданных дятлами, используются другими видами, что способствует росту биоразнообразия в лесных экосистемах. Разные биотопы отличаются по численности, плотности птиц и числу доминирующих видов. Дорофеев отмечает, что максимальная плотность в гнездовой период популяции дятла в сосновых лесах составляет 0,9-1,2 пар/км2.[4] В итоге, воздействие дятла на экосистему способствует не только сохранению биоразнообразия, но и долговременной стабильности лесных экосистем.

Для интеграции экологической роли большого пестрого дятла в управление лесами важно применять определенные методы. Непосредственное наблюдение является одним из ключевых методов, позволяющих фиксировать поведение дятлов в их среде обитания. К примеру, мониторинг активных гнезд в весенний период дает возможность изучить их взаимодействие с другими видами, такими как птицы и млекопитающие, которые используют гнездовые полости, созданные дятлами. Экспериментальные исследования включают установку искусственных гнездований для анализа предпочтений дятлов и их вклада в создание мест обитания для других видов. Современные технологии, такие как GPS-трекеры и автоматические камеры, позволяют отслеживать перемещения и активность дятлов, что углубляет представление об их экологии. Анализ информации, собранной с территории лесов, позволяет увидеть связи между плотностью популяции дятлов и состоянием биологического разнообразия региона, что позволяет определить их роль в экосистеме.[3]

Перечисленные методы обеспечивают сохранение биоценотической роли дятла, которая, как подчеркивает Фридман, "не может быть сведена к общепринятым "поставщикам дупел" и "лесным санитарам". Обе роли являются производными участия этих птиц в воспроизводстве мозаичной структуры лесного полога".[5]

Кроме того, для оценки экосистемных связей будет применяться способ модульного наблюдения, при котором наблюдения за дятлом будут сопоставлены с состоянием окружающей среды, принимая во внимание данные о силе и направлении ветра, влажности, качественных характеристиках растительности и наличии возможных источников пропитания. Это позволит проанализировать, как различные экологические факторы воздействуют на распространение и нрав большого пестрого дятла. Стратегии экосистемного анализа будут включать сбор образцов почвы и растительности для анализа их состояния и плодородности, что содействует в оценке влияния дятлов на структуру лесного сообщества.[1]

Так же, необходимо принимать во внимание, что "многолетние исследования динамики биологического разнообразия на особо охраняемых природных территориях лесного сектора Российской Федерации показали, что режим полной защиты приводит к уменьшению видового разнообразия и к существенным изменениям состава и структуры лесов".[7] Следовательно, комплексный подход в управлении лесами, включающий как сохранение видов, так и активное применение их экологической роли, способен обеспечить более стабильное развитие лесных экосистем.

Большой пестрый дятел так же вносит вклад в санитарную ситуацию леса, убирая из него мертвые и нездоровые деревья. Процедура удаления мертвых деревьев из экосистемы

важна не только для предотвращения распространения вредоносных организмов, но и для уменьшения рисков возникновения вирусов.[9] Мертвые деревья служат важным источником пищи для многих других видов, а их большое количество может способствовать накоплению опасных патогенов, и дятлы, очищая лес от подобных деревьев, содействуют поддержанию гигиенического состояния лесного фонда. От этого выигрывает не только весь лесной биоценоз, но и лесное хозяйство в целом, так как здоровье деревьев консервативно сохраняет продуктивность лесов.[6]

Одной из главных мер по управлению лесами, базирующихся на роли большого пестрого дятла, является поддержание популяции этих птиц посредством сохранения старых деревьев. Старые деревья служат важными жилищами для гнездования дятлов, способствуя их воспроизводству и поддержанию экосистемного баланса. Большой пестрый дятел, контролируя популяции насекомых-вредителей, уменьшает риск массового усыхания деревьев, что, в свою очередь, способствует устойчивости лесных экосистем Воронежской Нагорной Дубравы. Для сохранения биоразнообразия и обеспечения устойчивости лесных зон важно внедрение зон покоя, где минимизируется хозяйственная деятельность. Это создает условия для сохранения природных зон обитания большого пестрого дятла и других видов. Замечено, что в лесах с высокой численностью дятлов присутствует более разнообразный состав птиц и других животных, что говорит о важности их роли в поддержании экосистемного баланса. Таким образом, создание зон покоя и минимизация антропогенного воздействия являются стратегиями, которые содействуют сохранению биоразнообразия и стабильности лесных экосистем.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило значимость большого пестрого дятла как ключевого компонента лесных экосистем Воронежской Нагорной Дубравы. Этот вид выполняет важную задачу, содействуя поддержанию биологического разнообразия, регулированию численности насекомых-вредителей и формированию благоприятных условий для других организмов. Влияние дятла на структуру леса, включая формирование дупел, а также его взаимодействия с другими видами подчеркивают его значение для устойчивости экосистем. Практический результат настоящего исследования заключается в возможности использования большого пестрого дятла как индикатора состояния лесов. Его численность и поведение могут служить важным показателем здоровья экосистем, особенно в условиях изменения климата и антропогенного влияния. Разработанные рекомендации по охране и управлению лесными ресурсами с учетом биоценотической и лесохозяйственной роли большого пестрого дятла могут стать основой для устойчивого развития лесохозяйственных практик в регионе.

Список литературы

1. Г. А. Одноралов; Е. Н. Тихонова, О. В. Трегубов, И. В. Голядкина. Литогенная основа продуктивности Воронежской Нагорной Дубравы. DOI 10.12737/article_5967e8e01143e9.03067340 // ForestryEngineeringJournal. 13.07.2017 URL: http://naukaru.editorum.ru/en/nauka/article/17518/view

2. И.В. Тырченкова. Оценка естественного возобновления лесов в искусственных сосновых насаждениях Воронежской области. DOI 10.12737/article_5b24060e5a1db0.90600278 // ForestryEngineeringJournal. 15.06.2018 URL: http://naukaru.ru/en/nauka/article/21911/view

3. В.И. Федотов. Родники Шипова леса. DOI 10.17308/geo.2021.1/3257 // Вестник ВГУ Серия География Геоэкология. 10.03.2021 URL: https://journals.vsu.ru/geo/article/view/3257

4. С. А. Дорофеев. Экология гнездования и биоценотическое значение черного дятла (Dryocopusmartius L.) в лесах Белорусского Поозерья// URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologiya-gnezdovaniya-i-biotsenoticheskoe-znachenie-chyornogo-dyatla-dryocopus-martius-v-lesah-belorusskogo-poozerya

5. В. С. Фридман. Дятлы как экосистемные инженеры: новое понимание биоценотической роли// RussianJournalofEcosystemEcology. - 2024.- URL: http://rjee.ru/rjee-9-1-2024-1/

6. Л. В. Маловичко, С. В. Бакка, Н. Ю. Киселева, Ю. В. Литвинов. Дятлы как создатели гнездового фонда для других птиц-дуплогнездников в условиях антропогенных преобразований степного и лесостепного Ставрополья // Вестник Тверского государственного университета. Серия "Биология и экология". — URL: https://scinetwork.ru/articles/3908

7. А. С. Мальчевский. Роль птиц в полезащитных лесных полосах Заволжья // URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-ptits-v-polezaschitnyh-lesnyh-polosah-zavolzhya

8. Турчанинова, Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на экологическую структуру орнитофауны Воронежской нагорной дубравы / Е. В. Турчанинова, О. В. Серебряков // Синтез науки и образования в решении экологических проблем современности : матер. Междунар. науч.-практ. конференции, посвящённой Всемирному дню охраны окружающей среды, Воронеж, 03 июня 2022 года. – Воронеж, 2022. – С. 193-204.

9. Кулаков Д.В., Крылов А.В. «Влияние птиц на среду обитания» Российская академия наук, журнал «Природа» №5, 2018, «Издательство «Наука» , с.22-32.

10. Харченко Н. Н., Харченко Н. А. Х 20 Биология зверей и птиц: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2015. — 432 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

References

1. G. A. Odnoralov; E. N. Tikhonova, O. V. Tregubov, I. V. Golyadkina. Lithogenic basis of productivity of the Voronezh Upland Oak Forest. DOI 10.12737/article_5967e8e01143e9.03067340 // ForestryEngineeringJournal. 13.07.2017 URL: http://naukaru.editorum.ru/en/nauka/article/17518/view

2. I.V. Tyrchenkova. Assessment of natural regeneration of forests in artificial pine plantations of the Voronezh region. DOI 10.12737/article_5b24060e5a1db0.90600278 // ForestryEngineeringJournal. 15.06.2018 URL: http://naukaru.ru/en/nauka/article/21911/view

3. V.I. Fedotov. The springs of the Shipov forest. DOI 10.17308/geo.2021.1/3257 // Bulletin of VSU Geography Geoecology Series. 10.03.2021 URL: https://journals.vsu.ru/geo/article/view/3257

4. S. A. Dorofeev. The ecology of nesting and the biocenotic significance of the black woodpecker (Dryocopusmartius L.) in the forests of the Belarusian Lake district// URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologiya-gnezdovaniya-i-biotsenoticheskoe-znachenie-chyornogo-dyatla-dryocopus-martius-v-lesah-belorusskogo-poozerya

5. V. S. Friedman. Woodpeckers as ecosystem engineers: a new understanding of the biocenotic role// RussianJournalofEcosystemEcology. - 2024.- URL: http://rjee.ru/rjee-9-1-2024-1/

6. L. V. Malovichko, S. V. Bakka, N. Y. Kiseleva, Yu. V. Litvinov. Woodpeckers as creators of a nesting fund for other hollow-nesting birds in the conditions of anthropogenic transformations of steppe and forest-steppe Stavropol // Bulletin of Tver State University. The series "Biology and Ecology". — URL: https://scinetwork.ru/articles/3908

7. A. S. Malchevsky. The role of birds in the protective forest belts of the Trans-Volga region // URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-ptits-v-polezaschitnyh-lesnyh-polosah-zavolzhya

8. Turchaninova, EV Influence of recreational load on the ecological structure of the avifauna of the Voronezh upland oak grove / EV Turchaninova, OV Serebryakov // Synthesis of science and education in solving environmental problems of our time: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the World Environment Day, Voronezh, June 03, 2022. - Voronezh, 2022. - pp. 193-204.

9. Kulakov D.V., Krylov A.V. "The influence of birds on the habitat" Russian Academy of Sciences, journal "Nature" No. 5, 2018, "Publishing House" Science ", pp. 22-32.

10. Kharchenko N. N., Kharchenko N. A. X 20 Biology of animals and birds: Textbook. - St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2015. - 432 p.: ill. - (Textbooks for universities. Special literature).

УДК 595.773.4:502.72(470.324)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_208-213

РЕДКИЕ И МАЛОИЗУЧЕННЫЕ ВИДЫ ЭМПИДОИДНЫХ ДВУКРЫЛЫХ (DIPTERA: EMPIDOIDEA: EMPIDIDAE, HYBOTIDAE) ВОРОНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

RARE AND POORLY STUDIES OF EMPIDOID DIPTERA (DIPTERA: EMPIDOIDEA: EMPIDIDAE, HYBOTIDAE) OF THE VORONEZH NATURE RESERVE

Бережнова О.Н., к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Berezhnova O.N., PhD in Biology, Associate Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Аннотация. В статье обобщены сведения о 14 редких и малоизученных видах эмпидоидных двукрылых семейств Empididae и Hybotidae, отмеченных на территории Воронежского заповедника и прилегающих участков Усманского бора. Рассмотрены их встречаемость, биотопическая приуроченность и основные причины региональной редкости. Установлено, что большинство видов связано с влажными лесными, болотными, пойменными и прибрежными местообитаниями. Редкость видов обусловлена ограниченной площадью подходящих биотопов, их фрагментарным распространением, зависимостью от устойчивого увлажнения и недостаточной изученностью. Показано значение Усманского бора как территории сохранения лесных, в том числе бореальных, элементов фауны.

Ключевые слова: Empidoidea, Empididae, Hybotidae, Воронежский заповедник, Усманский бор, редкие виды, биотопическая приуроченность, лесостепь

Abstract. The article summarizes data on 14 rare and poorly studied species of empidoid flies of the families Empididae and Hybotidae recorded in the Voronezh Nature Reserve and adjacent areas of the Usman Pine Forest. Their occurrence, habitat preferences, and main causes of regional rarity are considered. It is established that most species are associated with wet forest, bog, floodplain, and riparian habitats. The rarity of particular species is determined by the limited area of suitable biotopes, their fragmented distribution, dependence on stable moisture conditions, and insufficient study of Diptera. The importance of the Usman Pine Forest as an area for the conservation of forest, including boreal, faunal elements is shown.

Keywords: Empidoidea, Empididae, Hybotidae, Voronezh Nature Reserve, Usman Forest, rare species, habitat preference, forest-steppe.

Введение. Двукрылые надсемейства Empidoidea, включая семейства Empididae и Hybotidae, являясь консументами второго порядка, участвуют в регуляции численности мелких беспозвоночных в различных экосистемах. В стадии имаго многие виды встречаются на травянистой растительности, листьях кустарников и деревьев, по берегам водоемов, на лесных опушках, пойменных лугах и окраинах болот. Зависимость биотопического распределения этих двукрылых от микроклиматических условий, структуры растительного

© Бережнова О. Н., 2026

покрова и режима увлажнения позволяет использовать данные об их распространении для оценки состояния лесных, пойменных и болотных сообществ [2; 3; 4].

Сведения о находках редких и малоизученных видов важны для уточнения границ их ареалов, выделения биотопов, имеющих природоохранную ценность, и организации последующего их мониторинга. Особый интерес представляют виды, связанные со сфагновыми болотами, ольшаниками, увлажненными лесными участками, пойменными лугами и прибрежной растительностью, поскольку в лесостепной зоне эти местообитания подвержены антропогенному воздействию, а их сохранившиеся естественные фрагменты ограничены по площади.

Воронежский государственный природный биосферный заповедник имени В. М. Пескова расположен в центральной части Европейской России на границе Воронежской и Липецкой областей и охватывает значительную часть островного лесного массива – Усманского бора [1]. Территория включает комплекс лесных, пойменных и околоводных местообитаний.

Цель настоящей статьи – обобщить сведения о редких и малоизученных видах Empididae и Hybotidae Воронежского заповедника, охарактеризовать их биотопическую приуроченность и определить основные причины редкости отдельных видов.

Материал и методы. Материалом для анализа послужили сведения о находках редких и малоизученных видов Empididae и Hybotidae на территории Воронежского заповедника и на прилегающих участках Усманского бора. К редким были отнесены виды, представленные в исследованном материале единичными экземплярами.

При оценке редкости учитывались следующие критерии: 1) относительное обилие видов; 2) биотопическая приуроченность; 3) присутствие видов, относящихся к бореальным элементам фауны.

В настоящей работе термин «редкий» используется в региональном смысле и отражает единичные случаи обнаружения, локальность подходящих местообитаний, ограниченность их площади, а также возможную недостаточную изученность некоторых видов. Такой подход позволяет избежать отождествления единичных находок с абсолютной редкостью вида в пределах всего его ареала.

Результаты и обсуждение. Среди эмпидоидных двукрылых отмечено 14 редких видов, относящихся к семействам Hybotidae (7 видов) и Empididae (7 видов). Основная часть видов приурочена к гигро- и гигромезофитным местообитаниям. Одни виды связаны со сфагновыми болотами и влажными сосново-дубовыми лесами, другие – с ольшаниками, прибрежной зоной р. Усмани, заболоченными участками пойменных лугов и увлажнёнными лесными опушками.

Таблица 1

Редкие и малоизученные виды семейства Hybotidae Воронежского заповедника

№/n	Вид	Встречаемость в Воронежском заповеднике	Биотопическая приуроченность	Причина редкости вида
1.	*Trichina clavipes* Meigen, 1830	В Воронежской области известен по единственному экземпляру из Усманского бора; сфагновое болото.	Увлажненные участки лесных биотопов, болота.	Ограниченность площади лесных биотопов, соответствующих экологическим требованиям вида.
2.	*Trichina pallipes* Zetterstedt, 1838	В Воронежской области известен по единственному экземпляру из Усманского бора; сфагновое болото.	Сфагновые болота, сосново-дубовые леса.	Преимущественно западно- и североевропейское распространение; региональный статус требует уточнения.
3.	*Oedalea freyi* Chvála, 1983	Дубово-зеленомошный сосняк (2 экз.).	Увлажнённые местообитания в лесах умеренной зоны.	Ограниченность площади лесных биотопов; вид характерен преимущественно для лесной зоны Северной Европы.
4.	*Oedalea hybotina* (Fallén, 1816)	Сфагновое болото (2 экз.).; известен из Хоперского заповедника.	Увлажненные лесные биотопы, болота, берега пойменных водоемов, ольшаники.	Евро-сибирский лесной вид, приуроченный к влажными лесам и болотам.
5.	*Platypalpus macula* (Zetterstedt, 1842)	Сфагновое болото (1 экз.).	Влажные дубравы и сосняки.	В Центральной Европе и лесостепи встречается локально; связан с северо- и среднеевропейскими лесными сообществами.
6.	*Platypalpus fuscicornis* (Zetterstedt, 1842)	Окрестности пос. Краснолесный (1 экз.).	Гигрофитные и затененные биотопы: берега рек с древесно-кустарниковой растительностью, ольшаники, лиственные и сосновые леса.	Зависимость от увлажненных и затененных лесных местообитаний.
7.	*Platypalpus albocapillatus* (Fallén, 1815)	В Воронежской области известен по единственному экземпляру из Усманского бора.	Прибрежная растительность по берегам водоемов, в том числе болот.	Слабая изученность и локальность подходящих прибрежных биотопов.

Полученные данные показывают, что редкие представители семейства Hybotidae преимущественно приурочены к увлажнённым лесным участкам и болотным местообитаниям. Для ряда видов определяющим фактором является не общая площадь охраняемой территории, а наличие локальных микростаций с устойчивым режимом увлажнения и развитой прибрежной растительностью (таблица 1).

Редкие виды семейства Empididae также в значительной степени связаны с влажными местообитаниями, при этом наиболее выражена их приуроченность к пойменным и прибрежным биотопам. (таблица 2).

Таблица 2

Редкие и малоизученные виды Empididae Воронежского заповедника

№/n	Вид	Находка в заповеднике	Биотопическая приуроченность	Причина редкости вида
1.	*Hilara flavipes* Meigen, 1822	Берег р. Усмани, на тростнике (1 экз.).	Лесные сообщества: просеки, поляны, опушки; прибрежная растительность.	Европейский вид, встречающийся спорадически, преимущественно в лесных сообществах.
2.	*Hilara ternovensis* Strobl, 1898	Ольшаник (5 экз.).	Ольшаники, влажные затененные лесные биотопы.	В Восточной Европе известен только из Воронежской области; требуется дополнительное изучение.
3.	*Rhamphomyia anomalina* (Zetterstedt, 1838)	В среднерусской лесостепи известен по единственному экземпляру из Усманского бора; осоковое болото в сосновом лесу.	Бореальные лесные и болотные местообитания.	Бореальный элемент в фауне среднерусской лесостепи.
4.	*Rhamphomyia anomalipennis* Meigen, 1822	В среднерусской лесостепи известен по единственному экземпляру из Усманского бора; заболоченный участок пойменного луга.	Влажные и заболоченные луга, лесные опушки, берега водоемов.	Приуроченность к влажным лесным и лугово-пойменным биотопам.
5.	*Empis acinerea* Chvála, 1985	Усманский бор (1 экз.). Известен из Хоперского заповедника.	Леса разных типов.	Слабая изученность и малое число региональных находок.
6.	*Chelifera precatoria* (Fallén, 1816)	Берег р. Усмани (1 экз.).	Прибрежные местообитания: берега рек и ручьев.	Реофильность вида; ограниченность по площади биотопов, соответствующих

				экологическим требованиям вида.
7.	*Chelipoda albiseta* (Zetterstedt, 1838)	Сфагновое болото (1 экз.).	Водные и околоводные местообитания: берега рек и ручьев, родники, заболоченные участки.	Ограниченность околоводных биотопов, соответствующих экологическим требованиям вида.

Одним из основных факторов региональной редкости ряда видов является ограниченная площадь подходящих биотопов и их фрагментарное распространение, особенно в случае увлажнённых местообитаний, к которым преимущественно приурочены гигро- и гигромезофильные виды. В условиях лесостепи сфагновые и осоковые болота, ольшаники, заболоченные луга, влажные опушки и прибрежные заросли часто представлены разобщенными участками, нередко разделенными более сухими открытыми ландшафтами. Поэтому даже виды, обычные в северных или западных частях ареала, в пределах региона могут быть редкими.

Другим фактором редкости является зоогеографическая специфика Усманского бора. В Усманском бору отмечен ряд видов северного, среднеевропейского и бореального распространения *(T. clavipes, T. pallipes, O. freyi, R. anomalina, Ch. precatoria* и *Ch. albiseta)*, что позволяет рассматривать этот лесной массив как территорию сохранения лесных, в том числе бореальных, элементов фауны [2; 5].

Редкие и малоизученные виды Empididae и Hybotidae, отмеченные на территории Воронежского заповедника, следует рассматривать не как отдельные находки, а как элементы диптерокомплексов лесных, болотных и пойменных экосистем. Сохранение этих видов возможно лишь при поддержании естественного состояния соответствующих экосистем заповедника.

Список литературы

1. Воронежский государственный природный биосферный заповедник имени В. М. Пескова. URL: https://zapovednik-vrn.ru/ (дата обращения: 24.05.2026).

2. Chvála M. The Empidoidea (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. II. General part. The families Hybotidae, Atelestidae and Microphoridae / M. Chvála. – Fauna Entomologica Scandinavica. – 1983. – Vol. 12. – 279 p.

3. Collin J. E. British Flies. Vol. VI. Empididae / J. E. Collin. – Cambridge: Cambridge University Press, 1961. – 782 p.

4. Falk S. J. A review of the scarce and threatened flies of Great Britain. Part 3: Empidoidea / S. J. Falk, R. Crossley // Species Status. – 2005. – №. 3. – 134 p.

5. Kahanpää J. Check list of the Empidoidea of Finland (Insecta, Diptera) / J. Kahanpää // ZooKeys. – 2014. – Vol. 441. – P. 183-207.

References

1. Voronezh State Nature Biosphere Reserve named after V. M. Peskov. URL: https://zapovednik-vrn.ru/ (date accessed: 24.05.2026).

2. Chvála M. The Empidoidea (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. II. General part. The families Hybotidae, Atelestidae, and Microphoridae / M. Chvála. – Fauna Entomologica Scandinavica. – 1983. – Vol. 12. – 279 p.

3. Collin J. E. British Flies. Vol. VI. Empididae / J. E. Collin. – Cambridge: Cambridge University Press, 1961. – 782 p.

4. Falk S. J. A review of the scarce and threatened flies of Great Britain. Part 3: Empidoidea / S. J. Falk, R. Crossley // Species Status. – 2005. – No. 3. – 134 p.

5. Kahanpää J. Check list of the Empidoidea of Finland (Insecta, Diptera) / J. Kahanpää // ZooKeys. – 2014. – Vol. 441. – P. 183-207.

УДК: 630*181

DOI: 10.58168/EnvPr2026_214-223

МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА РЕДКИХ ВИДОВ В БОТАНИЧЕСКИХ САДАХ

METHODS OF PRESERVING GENETIC MATERIAL OF RARE SPECIES IN BOTANICAL GARDENS

Богачук Д.О., студентка 2 курса Лесного факультета, направление подготовки «Государственное управление лесами» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Bogachuk D.O., 2nd-year student of the Faculty of Forestry, majoring in "Public Forest Management", Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В работе рассмотрена роль ботанических садов как ключевых институтов сохранения биологического разнообразия, особенно редких и исчезающих видов растений в условиях нарастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений. Проанализированы основные методы сохранения генетического материала ex situ: банки семян, живые коллекции, криоконсервация, микроклональное размножение и банки ДНК. Показаны преимущества и ограничения каждого метода, включая проблему «исключительных» видов, семена которых не выдерживают стандартной сушки и низких температур. Описаны оптимальные режимы хранения семян, а также влияние климатических условий на качество семенного материала. Приведены результаты прогнозирования выживаемости коллекций. Сделан вывод о необходимости комплексного применения традиционных и биотехнологических подходов для эффективного сохранения генофонда редких видов и устойчивого развития ботанических садов.

Abstract: The paper examines the role of botanical gardens as key institutions for the conservation of biological diversity, particularly rare and endangered plant species in the context of increasing anthropogenic pressure and climate change. The main methods of ex situ conservation of genetic material are analyzed: seed banks, living collections, cryopreservation, micropropagation, and DNA banks. The advantages and limitations of each method are shown, including the problem of "exceptional" species whose seeds cannot withstand standard drying and low temperatures. Optimal seed storage regimes are described, as well as the influence of climatic conditions on seed quality. The results of collection viability prediction are presented. A conclusion is made about the need for an integrated application of traditional and biotechnological approaches for effective conservation of the gene pool of rare species and sustainable development of botanical gardens.

Ключевые слова: ботанические сады, сохранение ex situ, редкие виды, банки семян, микроклональное размножение, криоконсервация, биоразнообразие.

Keywords: botanical gardens, ex situ conservation, rare species, seed banks, micropropagation, cryopreservation, biodiversity.

© Богачук Д. О., 2026

В современном мире ботанические сады выполняют не только научно-просветительскую и коллекционную функции, но и выступают ключевыми институтами сохранения биологического разнообразия, особенно в условиях нарастающего антропогенного прессинга и глобальных климатических изменений [4, 5]. Особое стратегическое значение они приобретают в контексте сохранения редких и исчезающих видов ex situ (вне естественной среды обитания), что подтверждается как международными природоохранными программами, так и многолетним опытом функционирования российских ботанических садов [2, 4].

Совокупные коллекции мировых ботанических садов насчитывают более 100 тысяч видов растений, включая 41% таксонов, отнесенных к категории находящихся под угрозой исчезновения [4]. При этом распределение коллекционного материала не ограничивается открытыми ландшафтными экспозициями: значительная часть генетического ресурса консервируется в специализированных банках семян, что является наиболее экономически эффективным и компактным способом сохранения для подавляющего большинства видов [4, 7].

Однако методика банков семян применима не ко всем таксонам. Как демонстрируют современные исследования, по меньшей мере 10% покрытосеменных растений и 36% видов, находящихся под угрозой исчезновения, формируют семена, не выдерживающие стандартных процессов десикации (сушки) при хранении. Другие виды образуют крайне малое количество семян, либо производят диаспоры, чувствительные к сверхнизким температурам (около -20°C), используемым в криокамерах, либо их семена утрачивают жизнеспособность в течение короткого периода (менее the 10 лет) [4].

Такие таксоны, не поддающиеся консервации стандартными методами, классифицируются как «исключительные» (exceptional species). Для их сохранения требуются альтернативные стратегии ex situ, в первую очередь — поддержание живых коллекций в ботанических садах. Помимо прямой охраны и обеспечения физической сохранности исключительных видов, такие коллекции формируют страховой генетический резерв для программ размножения и фундаментальных научных исследований [3, 4].

В критических ситуациях сохранение ex situ может стать единственным способом предотвращения полного вымирания таксона [4]. Нередко специалисты прибегают к интеграции процедур сохранения in situ (в естественной среде) и ex situ для восстановления численности видов, их реинтродукции в природу и экологической реставрации нарушенных местообитаний. Как подчеркивается в методических рекомендациях, разработанных специалистами Центрального сибирского ботанического сада, интродукция редких и исчезающих видов рассматривается как одно из приоритетных направлений решения

проблемы сохранения фиторазнообразия, причем для каждого таксона необходим строго индивидуальный подход, учитывающий его специфические биологические особенности [2].

Популяции, поддерживаемые вне естественной среды, служат надежным страховым резервом от быстрых и непредсказуемых изменений окружающей среды. Они оказывают ключевую поддержку стратегиям сохранения in situ, выигрывая время, необходимое для восстановления деградированных местообитаний и проведения комплексных научных изысканий. Более того, такие популяции обеспечивают запас посадочного материала, необходимого для реинтродукции, генетического обогащения природных популяций или организации генетического обмена между изолированными группами особей [2, 4].

Тем не менее, стратегии сохранения ex situ, как и любое активное вмешательство человека в природные процессы, сопряжены с рядом ограничений. Растения в условиях культуры могут претерпевать генетические и фенотипические модификации, вызванные адаптацией к новой среде выращивания, непреднамеренным искусственным отбором (который иногда неосознанно проводят садоводы), а также генетическим инбридингом, спонтанной гибридизацией и интрогрессией. Значительная часть этих нежелательных изменений связана с обычно малой эффективной численностью популяций растений в коллекциях ботанических садов [4]. В связи с этим особую научную и практическую актуальность приобретает создание генетических банков in vitro, которое позволяет консервировать генофонд редких видов с минимальными потерями генетического разнообразия [3].

Согласно имеющимся научным данным, увеличение эффективного размера популяции в культуре снижает эффекты генетического дрейфа и депрессию инбридинга. Кроме того, уравнивание количества особей, представляющих разные материнские линии, и периодическое поступление диаспор из диких популяций смягчает эффекты непреднамеренного отбора. Адекватное репрезентативное представление вида в условиях ex situ может потребовать отбора большого количества особей из различных частей его географического ареала, что влечет за собой серьезные практические сложности, такие как необходимость дополнительного финансирования, расширение площадей коллекций и, что наиболее важно, обеспечение высокой выживаемости собранных растений [2, 4].

Таким образом, ботанические сады играют центральную роль в сохранении редких видов ex situ, предоставляя незаменимую платформу для поддержки таксонов, которые не могут быть законсервированы традиционными методами банков семян. При грамотном управлении коллекциями, строгом учете генетических рисков, а также активном внедрении методов микроклонального размножения и создания банков меристем, ботанические сады

способны вносить все более весомый вклад в глобальное сохранение биологического разнообразия [3, 4, 5].

Методы сохранения генетического материала редких видов. Обеспечение сохранности генетического материала редких таксонов в ботанических садах реализуется посредством комплекса методик, которые условно разделяются на традиционные (живые коллекции, банки семян, гербарные фонды) и современные биотехнологические (криоконсервация, микроклональное размножение, создание коллекций ДНК). Выбор конкретного метода детерминирован биологическими особенностями вида, его репродуктивной стратегией, а также доступными пространственными и финансовыми ресурсами ботанического сада [1, 4]. Как отмечается в работе сотрудников Волгоградского регионального ботанического сада, комплексное исследование условий культивирования позволяет определить наиболее эффективные и адаптированные подходы для каждого конкретного генотипа [3].

Наиболее экономически эффективным и компактным методом консервации генофонда для значительного числа видов выступает хранение семян в специализированных банках. Эта методика позволяет сохранить репрезентативное количество образцов на относительно малой площади при сравнительно невысоких эксплуатационных затратах. Банк семян ботанического сада является фундаментальным хранилищем генофонда растений, объективно отражающим все разнообразие имеющихся коллекций и экспозиций. Ежегодно такой банк пополняется семенным материалом новых видов, что позволяет поддерживать и расширять двусторowe связи (обмен делетусами) между ботаническими садами различных стран [6].

Ярким примером успешной реализации данного подхода является Национальный банк семян Республики Беларусь, в котором по состоянию на 2024 год насчитывалось 54 348 коллекционных образцов, включая 89 редких видов, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь [1]. В Ботаническом саду Воронежского государственного университета, в свою очередь, поддерживается активное двустороннее сотрудничество с 80 ботаническими садами Франции, Германии, Исландии, Италии, Финляндии, Швеции, Норвегии, Великобритании, Бельгии, Швейцарии, Австрии, Австралии, Японии и других государств. Только Германия предоставляет делетусы более чем двадцати ботанических садов страны [6].

Вместе с тем, как подчеркивается в научной литературе, методика банков семян имеет ограничения и подходит далеко не для всех растений. По меньшей мере 10% покрытосеменных и 36% видов, находящихся под угрозой исчезновения, образуют семена, которые не выдерживают стандартных процессов десикации и воздействия низких температур (около -20°C). Такие виды классифицируются как «исключительные», и для их

консервации требуются альтернативные методы сохранения [1, are 4]. Кроме того, исследования, проведенные на базе Саратовского государственного университета, показали, что в пойменных лесных сообществах запас жизнеспособных семян в почвенном банке невелик (от 400 до 7800 шт·м$^{-2}$), что обусловлено неблагоприятным экологическим режимом: повышенной влажностью и долговременным затоплением [7].

При хранении семян в банках критически важным становится вопрос о продолжительности сохранения их жизнеспособности, что во многом зависит от исходного состояния семян, их наследственных свойств и внешних условий хранения [2, 6]. Международным советом ботанических садов по охране растений (BGCI) предложено несколько режимов для генных банков: низкие положительные температуры (около +5°C), неглубокое замораживание (до -20…-25°C), а также глубокая криоконсервация семян в жидком азоте (-196°C) или в его парах (около -160°C) [6].

Как показано в исследованиях Воронежского ботанического сада, подсушивание семян после сбора является важнейшим условием успешного долгосрочного хранения. При высокой влажности продолжительность жизнеспособности семенного материала критически сокращается. При относительной влажности воздуха 50–90% создаются благоприятные условия для развития мицелиальных грибов, снижающих всхожесть семян даже после предварительной обработки фунгицидами. Однако чрезмерное иссушение семян может привести к необратимым деструктивным изменениям в структуре цитоплазмы и преждевременной гибели, хотя многие виды переносят умеренное подсушивание без вреда. Показатели оптимального содержания воды в семенах при хранении значительно ниже величины воздушно- сухого состояния (например, у ели, сосны, лиственницы, березы) [6].

Согласно классификации, предложенной еще в 1908 году Юартом, семена по способности к длительному хранению дифференцируются на три категории: микробиотики (например, ивовые и буковые) — срок хранения до 3 лет; мезобиотики (большинство хвойных пород) — срок хранения 3–15 лет; макробиотики (например, бобовые) — срок хранения свыше 15 лет [6]. Длительное хранение семян имеет особое практическое значение для видов, которые характеризуются нерегулярным плодоношением [6].

Семена многих видов при оптимальной влажности и естественных температурах умеренной зоны могут храниться долгие годы без заметного снижения всхожести. При пониженных температурах (0…+5°C) жизнеспособность семян сохраняется значительно дольше, так как при температуре ниже +5°C процессы дыхания семян и развитие патогенных грибов сильно подавляются. В таких условиях семена менее чувствительны к незначительным колебаниям влажности, чем при более высоких температурах [6]. В Ботаническом саду Воронежского государственного университета для сохранения семян

применяется метод подсушивания их в герметичных контейнерах до достижения равновесной влажности с последующим хранением в холодильных или морозильных камерах [6].

Живые коллекции исторически представляют собой наиболее традиционный и наглядный метод консервации генетического материала. Они особенно важны для «исключительных» видов, а также для древесных растений, кустарников и лиан, семена которых обладают низкой лежкостью или прорастают с минимальной всхожестью.

В рамках масштабного исследования, реализованного на базе Миссурийского ботанического сада, проводился мониторинг 1184 насаждений 410 видов, полученных из 530 локаций по всему миру. Наблюдения велись в период с 1990 по 2019 год. Растения были представлены различными жизненными формами (разнотравье, злаки, кустарники, деревья и лианы), произрастающими в Северном полушарии. Все растения были выращены на территории ботанического сада в тепличных условиях из вегетативных органов, заимствованных у диких растений. Уход за коллекцией включал регламентированный полив, подкормку и борьбу с вредителями [4]. Полученные в этом исследовании данные свидетельствуют о том, что при надлежащем контроле и агротехнике ботанические сады могут вносить все более весомый вклад в сохранение биоразнообразия, успешно поддерживая коллекции редких и находящихся под угрозой исчезновения видов [4].

Живые коллекции, помимо прямой охранной функции, служат страховым резервом для программ размножения, реинтродукции и фундаментальных научных изысканий. Они позволяют детально изучать онтогенез, репродуктивную биологию и адаптационный потенциал редких видов в контролируемых условиях. Однако этот метод требует выделения значительных площадей, постоянного квалифицированного ухода и несет определенные риски генетических изменений растений в условиях длительной культуры [2, 3, 4]. Как подчеркивается в методических рекомендациях Центрального сибирского ботанического сада, при переносе растений из природы в культуру может проявиться эффект торможения роста надземной части, поскольку в первые 1–2 года наблюдается преимущественное накопление подземной биомассы [2].

При формировании банка семян необходимо учитывать, что гидротермический и световой режимы, а также продолжительность вегетационного периода оказывают непосредственное влияние на ход генеративного развития растений и заметно сказываются на процессах созревания семян и их качественных характеристиках. Как отмечается в работе специалистов Воронежского ботанического сада, условия холодного и влажного года зачастую являются неблагоприятными для полноценного формирования семян. Напротив, засушливое и жаркое лето способствует завязыванию и созреванию семян, но они, как

правило, бывают мельче по размерам и имеют более плотную семенную оболочку. Продуктивность растений и всхожесть семян имеют определенную многолетнюю динамику. Из этого следует, что регулярное пополнение банка полноценным семенным материалом напрямую зависит от климатических условий конкретного года [6].

Для особо ценных и уязвимых видов, а также для таксонов, семена которых не подлежат длительному хранению, применяются методы криоконсервации — хранения генетического материала (семян, пыльцы, меристем, апексов побегов, каллусных культур) при сверхнизких температурах (обычно в жидком азоте, -196°C). Перспективной технологией, как указывается в научной литературе, является глубокое замораживание семян в жидком азоте или в его парах [6]. В таких криогенных условиях метаболические процессы практически полностью останавливаются, что позволяет сохранять генетический материал неограниченно долгое время без потери жизнеспособности и генетической стабности.

Метод микроклонального размножения позволяет из небольшого фрагмента материнского растения (например, почки или части листа) получить генетически идентичные растения (клоны) в стерильных условиях на специализированных питательных средах. Этот метод особенно ценен для видов, которые в природе размножаются с трудом, а также для массового получения посадочного материала с контролируемым генетическим фоном для последующей реинтродукции в природу [3, 4]. Как показали исследования Волгоградского регионального ботанического сада, разработанные методы микроклонального размножения являются надежной основой для создания генетических банков in vitro редких и исчезающих видов растений [3].

В ходе данных исследований была сформирована коллекция in vitro, насчитывающая 72 редких вида из 25 семейств. Установлено, что реализация морфогенетического потенциала у редких видов определяется генетическими особенностями исходных растений, типом экспланта, его физиологическим состоянием, составом питательных сред и условиями культивирования. Коэффициент размножения изученных генотипов варьировал от 2 до 17,4, а оптимальной питательной средой на этапе микроразмножения оказалась среда с добавлением цитокинина БАП (6-бензиламинопурин) в концентрации 1,0–2,5 мг/л [3].

Современным дополнением к вышеуказанным методикам выступает создание банков ДНК. В таких коллекциях хранятся образцы выделенного генетического материала (ДНК), которые позволяют проводить молекулярно-генетический анализ без необходимости поддержания живых растений. ДНК-банки используются для оценки генетического разнообразия популяций, точной идентификации видов и гибридов, а также для молекулярной паспортизации коллекций ботанических садов. Хотя этот метод не сохраняет

живое растение целиком, он является важнейшим дополнением к другим способам консервации генетической информации [4].

Важным инструментом оптимизации стратегий сохранения является прогнозирование выживаемости растений в условиях ботанического сада. В исследовании, проведенном в Миссурийском ботаническом саду, для прогнозирования выживаемости многолетних растений была использована модель Кокса со смешанным эффектом, которая включала климатические переменные, учитывающие садоводческие вмешательства, а также географическое происхождение образцов. Результаты показали, что выживаемость растений лучше предсказывалась климатом места сбора пропагул, чем общим климатическим ареалом вида. Значимое влияние на выживаемость оказывали форма роста растения, минимальная температура самого холодного месяца и максимальная температура самого теплого месяца. Меньшую зависимость показали осадки самого засушливого месяца [4].

Также было отмечено, что древесные растения демонстрировали более высокую выживаемость в условиях ботанического сада по сравнению с недревесными формами. Наблюдения показали, что как экстремально высокие, так и низкие температуры оказывают неблагоприятное физиологическое воздействие на растения, при этом толерантность к холоду проявлялась более широко, чем устойчивость к жаре. Несмотря на все преграды, Миссурийский ботанический сад оказался подходящим местом для сохранения ex situ растений из регионов со сходным климатом, а также (с некоторыми агротехническими поправками) для растений из самых разных климатических зон. Например, растения, страдающие от низких температур, могут испытывать дополнительные проблемы при высоких температурах, а растения, которые тяжело переносят экстремальные температуры, могут испытывать стресс из-за избыточного количества осадков [4].

На основе полученных данных были разработаны карты прогнозируемой выживаемости, которые учитывают влияние множества климатических переменных. Эти карты предполагают, что ботанический сад может успешно вмещать популяции ex situ из самых разных географических регионов. Однако данные прогнозы относятся преимущественно к регионам Северного полушария; что касается тропических регионов, эмпирических данных оказалось недостаточно. Опыт исследования, проведенного в Миссури, как подчеркивается авторами, может быть экстраполирован и актуален для других ботанических садов мира [4].

Подводя итоги, следует подчеркнуть, что ботанические сады играют центральную и незаменимую роль в сохранении редких и исчезающих видов растений ex situ, особенно в условиях растущей антропогенной нагрузки и глобальных климатических изменений. Комплексное применение традиционных методов (банки семян, живые коллекции) и

современных биотехнологических подходов (криоконсервация, микроклональное размножение, банки ДНК) позволяет эффективно сохранять генетический материал видов с различными репродуктивными стратегиями. При этом для «исключительных» видов, семена которых не выдерживают стандартной десикации и низких температур, безальтернативными методами служат живые коллекции и криоконсервация меристем. Прогнозирование выживаемости коллекций на основе климатических переменных существенно повышает эффективность и долговечность стратегий сохранения. Успешная реализация этих масштабных задач возможна только при тесной интеграции усилий ботанических садов, активном развитии международного сотрудничества и повсеместном внедрении передовых биотехнологий.

Список литературы

1. Гриб С.И., Матьс И.С., Маркевич И.М. Формирование, сохранение и результаты использования генетических ресурсов растений национального банка семян в селекции растений // Земледелие и селекция в Беларуси. 2025. № 61. С. 140–147.

2. Елисафенко Т.В., Дорогина О.В. Методические рекомендации по интродукции и восстановлению природных популяций редких и исчезающих видов растений. Кемерово: Примула, 2021. 48 с.

3. Жолобова О.О., Коротков О.И., Сафронова Г.Н., Буганова А.В., Сорокопудова О.А. Сохранение редких и исчезающих видов растений при помощи методов биотехнологии // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. С. 195.

4. Лёзина В.А., Старицына И.А., Лёзин М.С. Ботанические сады и их роль в сохранении ex situ // Молодёжь и наука. 2023. № 7. Порядковый номер 8.

5. Реут А.А., Миронова Л.Н. Роль ботанических садов в сохранении биоразнообразия и экологическом воспитании населения // Вестник Иссык-Кульского университета. 2013. № 35. С. 63–67.

6. Сафонова О.Н. Формирование банка семян растений региональной и мировой флоры // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2010. № 2. С. 217–219.

7. Торгашкова О.Н., Ефимова Д.И., Татьянина Е.О., Каргина Р.Р. Структурное разнообразие почвенного банка семян пойменных лесных сообществ // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: Тезисы докладов Международной научной конференции (Севастополь, 13–18 сентября 2021 г.). Севастополь: Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, 2021. С. 184–185.

References

1. Grib S.I., Mats I.S., Markevich I.M. Formirovaniye, sokhraneniye i rezultaty ispolzovaniya geneticheskikh resursov rasteniy natsionalnogo banka semyan v selektsii rasteniy [Formation, conservation and results of using plant genetic resources of the national seed bank in plant breeding]. Zemledeliye i selektsiya v Belarusi. 2025;(61):140-147. (In Russian)

2. Yelisafenko T.V., Dorogina O.V. Metodicheskiye rekomendatsii po introduktsii i vosstanovleniyu prirodnykh populyatsiy redkikh i ischezayushchikh vidov rasteniy [Methodological recommendations for the introduction and restoration of natural populations of rare and endangered plant species]. Kemerovo: Primula Publ.; 2021. 48 p.

3. Zholobova O.O., Korotkov O.I., Safronova G.N., Buganova A.V., Sorokopudova O.A. Sokhraneniye redkikh i ischezayushchikh vidov rasteniy pri pomoshchi metodov biotekhnologii [Conservation of rare and endangered plant species using biotechnology methods]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2012;(1):195.

4. Lezina V.A., Staritsyna I.A., Lezin M.S. Botanicheskiye sady i ikh rol v sokhranenii ex situ [Botanical gardens and their role in ex situ conservation]. Molodyozh i nauka. 2023;(7):Article No. 8.

5. Reut A.A., Mironova L.N. Rol botanicheskikh sadov v sokhranenii bioraznoobraziya i ekologicheskom vospitanii naseleniya [The role of botanical gardens in biodiversity conservation and environmental education of the population]. Vestnik Issyk-Kulskogo universiteta. 2013;(35):63-67.

6. Safonova O.N. Formirovaniye banka semyan rasteniy regionalnoy i mirovoy flory [Formation of a seed bank of plants of regional and world flora]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2010;(2):217-219.

7. Torgashkova O.N., Efimova D.I., Tatyanina E.O., Kargina R.R. Strukturnoye raznoobraziye pochvennogo banka semyan poymennykh lesnykh soobshchestv [Structural diversity of the soil seed bank of floodplain forest communities]. In: Izucheniye vodnykh i nazemnykh ekosistem: istoriya i sovremennost [Study of aquatic and terrestrial ecosystems: history and modernity]: Abstracts of the International Scientific Conference (Sevastopol, September 13–18, 2021). Sevastopol: Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2021. p. 184-185

УДК: 574.2

DOI: 10.58168/EnvPr2026_224-228

ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ХИЩНЫХ ПТИЦ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ КРЫМСКИЙ

THE NUMBER OF BIRD OF PREY POPULATIONS IN THE KRYMSKY NATIONAL PARK

Матыцина Е.П., преподаватель Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Matytsina E.P., lecturer at the Forestry Faculty of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Ершова С.О., студент 3 курса Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ershova S.O., 3rd year student of the Forestry Faculty of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: в статье представлены результаты численности и плотности популяций пяти видов хищных птиц (Змееяд, Канюк, Сапсан, Пустельга обыкновенная, Осоед обыкновенный) на территории Национального парка Крымский. Особое внимание уделено видам, занесенным в Красную книгу РФ. Отмечена низкая численность редких видов и необходимость продолжения мониторинга для выявления динамики популяций. Подчеркивается научная и природоохранная значимость работы для сохранения биоразнообразия Крыма.

Abstract: The article presents the results of the abundance and population density of five species of birds of prey (Snakehead, Buzzard, Peregrine Falcon, Common Kestrel, Common Wasp) in the territory of the Crimean National Park. Special attention is paid to the species listed in the Red Book of the Russian Federation. The low abundance of rare species and the need for continued monitoring to identify population dynamics were noted. The scientific and environmental significance of the work for the conservation of Crimean biodiversity is emphasized.

Ключевые слова: Национальный парк Крымский, Красная книга, мониторинг, хищные птицы, Змееяд, Канюк, Сапсан, Пустельга, Осоед, динамика популяций.

Keywords: Krymsky National Park, Red Book, monitoring, birds of prey, Snakehead, Buzzard, Peregrine Falcon, Kestrel, Wasp, population dynamics.

Введение. Национальный парк Крымский является одной из ключевых особо охраняемых природных территорий федерального значения на полуострове, где сохраняется биоразнообразие горно-лесного и предгорного Крыма. Целью данной работы является

© Матыцина Е. П., Ершова С. О., 2026

анализ популяционных показателей хищных птиц с акцентом на виды, занесенные в федеральную и региональную Красные книги: змееяд, сапсан, канюк и осоед.

Крым – один из основных европейских центров с высоким биологическим и ландшафтным разнообразием [3]. Более 200 лет, со времен присоединения Крыма к России в 1783 году, ведутся исследования фауны полуострова, а заповедные территории стали появляться лишь в конце 19 века. 13.09.2018 года председатель правительства Российской Федерации Дмитрий Анатольевич Медведев подписал постановление о создании национального парка Крымский. В результате стал учреждением по комплексному изучению природных комплексов Горного Крыма, а затем и всех территориально-аквальных комплексов полуострова [2].

Законодательные механизмы защиты орнитофауны в Республике Крым реализуются посредством публикации Красной книги, разработки нормативно-правовых актов в области природопользования, а также формирования кадастра особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Тем не менее, уполномоченные государственные структуры, в частности Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым, не располагают актуальными сведениями о состоянии биологических ресурсов региона. На сегодняшний день в Крыму не существует единого координирующего органа, ответственного за организацию научных исследований по учёту, мониторингу и кадастру орнитофауны, а также анализу динамики орнитокомплексов полуострова. Эти направления являются ключевыми для обеспечения сохранения видового разнообразия птиц [3].

В этом контексте проведённое исследование по оценке численности хищных птиц в национальном парке «Крымский» приобретает особую значимость, поскольку в число объектов изучения входили виды, занесённые в Красную книгу.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в 2025 году при содействии сотрудников ФГБУ «Комплекс Крым» на территории национального парка Крымский с использованием методов маршрутных и площадочных учетов, а также направленного поиска гнезд [4]. Оценка численности проводилась методом учета гнездящихся пар на площади 345, 63 км^2 – горные районы с наличием как лесных участков, так и открытых пространств. Лесные участки представляют собой массивы сосны крымской, возрастом от 70 до 90 лет. В выборку для анализа попали следующие виды птиц:

1. Змееяд – *Circaetus gallicus*
2. Канюк – *Buteo buteo*
3. Сапсан – *Falco peregrinus*
4. Пустельга обыкновенная – *Falco tinnunculus*
5. Осоед обыкновенный – *Pernis apivorus*

Результаты исследования и их обсуждение.

Полученные показатели учета численности хищных птиц на территории национального парка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общая информация по численности исследуемых видов хищных птиц в 2025 году

Вид	Статус редкости	Численность (пар)	Плотность (пар/км^2)
Змееяд (*Circaetus gallicus)*	Красная книга РФ	2-3	≈0,0072–≈0,0086
Сапсан (Falco peregrines)	Красная книга РФ	2-3	≈0,0072–≈0,0086
Канюк (Buteo buteo)	Красная книга РФ	2-3	≈0,0072–≈0,0086
Осоед обыкновенный (Pernis apivorus)	Уязвимый	15-20	≈0,043–≈0,058
Пустельга (Falco tinnunculus)	Обычный	50-70	≈0,145–≈0,203

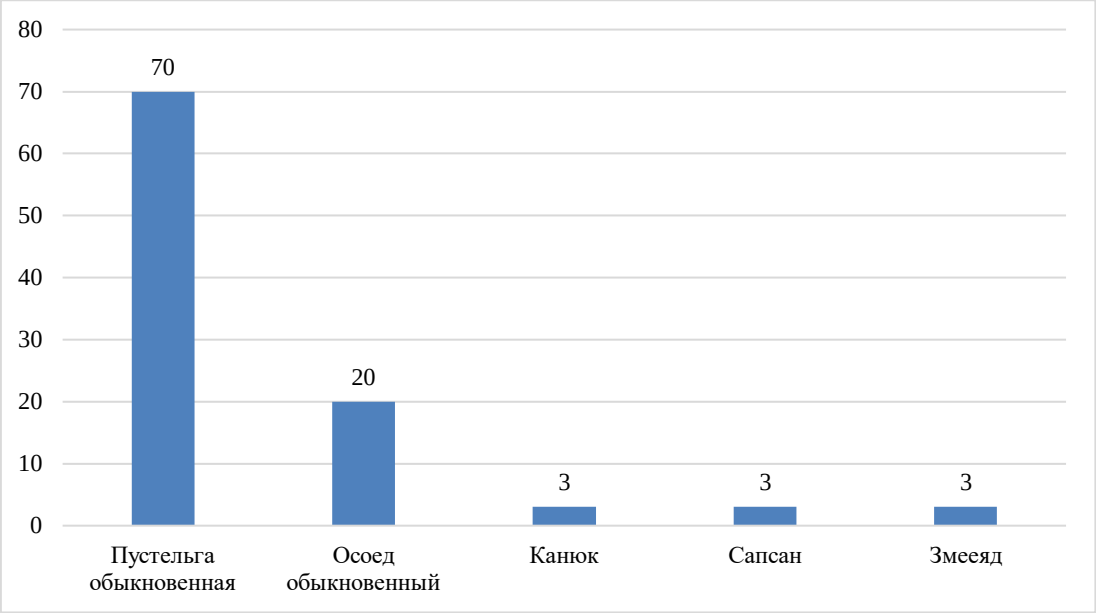


Рисунок 1 - Численность гнездящихся пар хищных птиц на территории Национального парка Крымский.

Выводы и заключение. Проведенное в 2025 году исследование на территории национального парка «Крымский» позволило зафиксировать численность хищных птиц, в том числе, занесенных в Красную книгу РФ, а также оценить их распределение по территории. В частности, такие виды, как змееяд, сапсан и канюк, имеют низкую численность – от 2 до 3 пар, с плотностью примерно 0,0072 – 0,0086 пар на км². Осоед

обыкновенный (уязвимый вид) демонстрирует более высокую численность – 15-20 пар, а пустельга обыкновенная – 50-70 пар.

Однако, поскольку исследование охватывает только один год, невозможно сделать вывод о стабильности популяций. Для оценки реальных тенденций и выявления динамики численности необходимо продолжить мониторинг и собрать данные за более длительный период [1]. Это позволит определить, являются ли зафиксированные показатели устойчивыми или же они подвержены значительным колебаниям.

Список литературы

1. Аппак, Б. А. О встречах редких видов птиц в Крыму / Б. А. Аппак // Беркут. – 2001. – Т. 10, № 2. – С. 152. – EDN OMSEDD.

2. Костин, С. Ю. История зоологических исследований в Крымском заповеднике: позвоночные животные / С. Ю. Костин, А. И. Дулицкий, А. А. Сироткина // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2020. – № 11. – С. 148-200. – DOI 10.36305/2413-3019-2020-11-148-200. – EDN LRIQSY.

3. Костин, С. Ю. Актуальные вопросы сохранения видового разнообразия птиц Крыма / С. Ю. Костин // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова, Симферополь, 28–30 ноября 2017 года / Под редакцией С.Ф. Котова. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2017. – С. 283-284. – EDN YGDQLG.

4. Кулисева, Ю. И. Пространственное распределение и гнездование чайковых (Laridae), врановых (Corvidae) и голубиных (Columbidae) в урбосреде пгт никель Мурманской области (окрестности заповедника "Пасвик") / Ю. И. Кулисева, Е. Ю. Мельников, Н. В. Поликарпова // Научные труды Национального парка "Хвалынский" : Сборник научных статей, Хвалынск, 27–29 октября 2023 года. – Саратов - Хвалынск: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2023. – С. 234-241. – EDN DREEFS.

References

1. Appak, B. A. On encounters with rare bird species in Crimea / B. A. Appak // Berkut. - 2001. - Vol. 10, No. 2. - P. 152. - EDN OMSEDD.

2. Kostin, S. Yu. History of zoological research in the Crimean Nature Reserve: vertebrates / S. Yu. Kostin, A. I. Dulitsky, A. A. Sirotkina // Scientific notes of the Mys Martyan Nature Reserve. - 2020. - No. 11. - P. 148-200. - DOI 10.36305/2413-3019-2020-11-148-200. - EDN LRIQSY.

3. Kostin, S. Yu. Current issues of conservation of species diversity of birds of Crimea / S. Yu. Kostin // Current problems of botany and nature conservation: Collection of scientific articles

of the International scientific and practical conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.F. Morozov, Simferopol, November 28–30, 2017 / Edited by S.F. Kotov. - Simferopol: Limited Liability Company "Publishing House Printing House" Arial ", 2017. - Pp. 283-284. - EDN YGDQLG.

4. Kuliseva, Yu. I. Spatial distribution and nesting of gulls (Laridae), corvids (Corvidae) and pigeons (Columbidae) in the urban environment of the urban-type settlement of Nikel, Murmansk region (vicinity of the Pasvik Nature Reserve) / Yu. I. Kuliseva, E. Yu. Melnikov, N. V. Polikarpova // Scientific works of the Khvalynsky National Park: Collection of scientific articles, Khvalynsk, October 27–29, 2023. – Saratov-Khvalynsk: Amirit Limited Liability Company, 2023. – pp. 234–241. – EDN DREEFS.

УДК 582.24 (470.324)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_229-235

ТЕМНОСПОРОВЫЕ ПЛАЗМОДИАЛЬНЫЕ МИКСОМИЦЕТЫ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

DARK-SPORED PLASMODIAL MYXOMYCETES OF FOREST COMMUNITIES OF THE VORONEZH REGION

Мелькумов Г.М., доцент медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Пустовалова Д.А., бакалавр 2 курса медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Melkumov G.M., Associate Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Russian Federation, Voronezh, Russia

Pustovalova D.A., 2rd year Bachelor of the Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Аннотация: Статья посвящена изучению видового разнообразия и эколого-морфологических особенностей темноспоровых плазмодиальных миксомицетов, обитающих в лесных сообществах Воронежской области. В результате микологического исследования на рассматриваемой территории и последней ревизии микологической коллекции Гербария им. Б. М. Козо-Полянского ВГУ (VOR) выявлено 43 таксона темноспоровых плазмодиальных миксомицетов, относящихся к классу Миксомицеты (Myxomycetes), порядкам Физариевые (Physarales) и Стемонитиевые (Stemonitales), 3 семействам и 17 родам. При анализе морфологических признаков выявленных видов миксомицетов установлено, что большинство таксонов характеризуются белой и желтой окраской плазмодия. Чаще остальных у слизевиков в ходе цикла развития образуются плодовые тела в виде спорангиев и плазмодиокарпов. Споротека обладает разнообразной формой, среди которых доминирует шаровидная, цилиндрическая, подушковидна и овальная. Споры плазмодиальных миксомицетов представлены 10-ю вариантами окраски - коричневой, фиолетовой, черной, серой, красной, лиловой, желтой, ржавой, оливковой и пурпурной. На поверхности спор у большинства видов слизевиков образовывались бородавки, шипики, шероховтаости и сеточки. При анализе трофечской приуроченности установлено, что подавляющее число видов темноспоровых плазмодиальных миксомицетов в качестве субстрата используют гниющую древесину, лиственный опад, гнилые растительные остатки, кору живых и мертвых деревьев, относясь к ксилобионтному, эпифитному и подстилочному субстратному комплексу.

Abstract: The article is devoted to the study of the species diversity and ecological and morphological features of dark-spored plasmodial myxomycetes living in the forest communities of the Voronezh region. As a result of a mycological study in the territory under consideration and the latest revision of the mycological collection of the B. M. Kozo-Polyansky Herbarium of Voronezh State University (VOR), 43 taxa of dark-spored plasmodial myxomycetes belonging to the Myxomycetes class, the orders Physariaceae (Physarales) and Stemonitales (Stemonitales), 3 families and 17 genera were identified. When analyzing the morphological features of the identified myxomycete species, it was found that most taxa are characterized by white and yellow plasmodium coloration. More often than others, fruit bodies in the form of sporangia and plasmodiocarps are formed in slime molds during the development cycle. The sporoteca has a variety of shapes, dominated by spherical, cylindrical, cushion-shaped and oval. The spores of plasmodial myxomycetes are represented by 10 color variants - brown, purple, black, gray, red, purple, yellow, rusty, olive and

© Мелькумов Г. М., Пустовалова Д. А., 2026

purple. Warts, spines, roughnesses, and meshes formed on the surface of the spores in most species of slime molds. The analysis of the Trofech assemblage revealed that the vast majority of species of dark-spored plasmodial myxomycetes use rotting wood, leaf litter, rotten plant remains, bark of living and dead trees as a substrate, belonging to the xylobiont, epiphytic and bedding substrate complex.

Ключевые слова: темноспоровые плзмодиальные миксомицеты, плазмодий, плодовое тело, споротека, лесные сообщества, Воронежская область.

Keywords: dark-spored plasmodial myxomycetes, plasmodium, fruit body, sporoteca, forest communities, Voronezh region.

Плазмодиальные миксомицеты (Myxomycetes) представляют собой группу грибообразных, наземных, спорообразующих протистов, включающих более 1200 видов и выполняющих в лесных сообществах функции регуляторов численности бактерий и биоиндикаторов загрязнения окружающей среды [1, 2].

Сбор материала осуществлялся в летне-осенний периоды 2023-2025 гг. на территории лесных сообществ Воронежской области. Идентификация плодовых тел и спороносного материала темноспоровых плазмодиальных миксомицетов осуществлась с помощью отечественных и иностранных определителей [3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]. Названия таксонов миксомицетов приводятся в соответствии с данными Интернет-ресурса http://www.mycobank.org (по состоянию на 23.02.2026) и расположены согласно системе, представленной в 10-м издании Словаря грибов Айнсфорта и Бисби [6].

В результате собственных сборов и последней ревизии микологической коллекции Гербария им. Б.М. Козо-Полянского ВГУ (VOR) было установлено 43 вида темноспоровых плазмодиальных миксомицетов, произрастающих в разнотипных лесных сообществах Воронежской области и относящихся к классу Myxomycetes, порядкам Physarales и Stemonitales, 3 семействам и 17 родам.

Большинство видов относятся к порядку Physarales (30 видов; 69,7 %). Данный порядок представлен 2 семействами (66,7 % от общего числа семейств) и 9 родами (52,9 % от общего числа). Меньшим числом таксонов принадлежит порядку Stemonitales (13; 30,2 %), включающий 1 семейство (33,3 %) и 8 родов (47,1 %).

Наибольшее число видов темноспоровых плазмодиальных миксомицетов относится к семейству Physaraceae (19), что составляет 44,2 %, Stemonitidaceae (13; 30,2 %). Семейство Didymiaceae представлено 11 видами (25,6 %). Ведущими по видовому составу являются рода *Physarum* (13; 30,2 %), *Didymium* (8; 18,6 %), *Stemonitis* (5; 11,6 %), *Comatricha*, *Diderma*, *Fuligo* (2; 4,7 %), Роды *Badhamia, Brefeldia, Collaria, Craterium, Diachea, Enerthenema, Leocarpus, Mucilago, Protophysarum, Stemonitopsis, Symphytocarpus* включают всего лишь по 1 виду (2,3 %).

В результате анализа морфологии выявленных видов темноспоровых плазмодиальных миксомицетов были составлены их диагностические ключи по признакам, включающие такие критерии как окраска плазмодия, тип спорофора, форма споротеки, окраска и характер поверхности спор. В ходе исследования установлено, что большинство видов слизевиков (27; 62,8 %) обладает белой окраской плазмодия, 18 таксонов (41,9 %) – желтой, 7 (16,3 %) – серой, 5 (11,6 %) – бесцветной, 4 (9,3 %) – оранжевой, 2 (4,7 %) – коричневой и кремовой. Реже остальных (1; 2,3 %) встречается фиолетовая, бежевая, зеленая и розовая окраска (рис. 1).

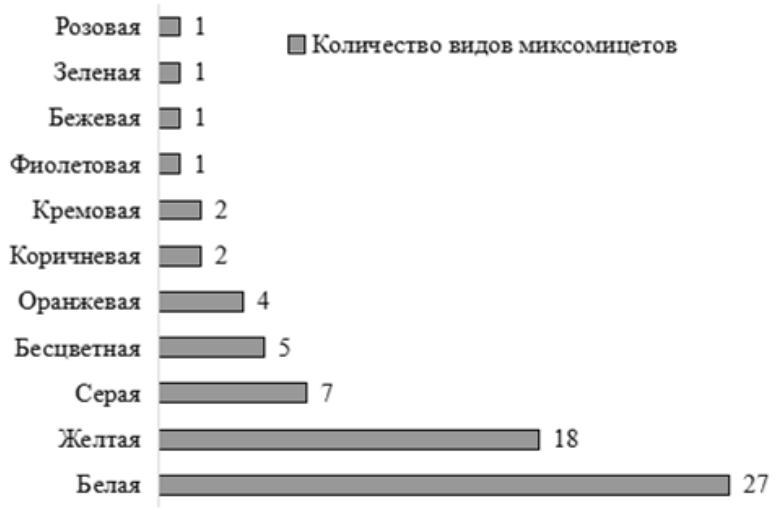


Рис. 1. Окраска плазмодия темноспоровых миксомицетов

Темноспоровые плазмодиальные миксомицеты образуют 4 типа плодовых тел – спорангий, эталий, плазмодиокарп и псевдоэталий. Чаще других встречаются спорангии (38; 88,4 %), плазмодиокарпы (11; 25,6 %), реже – эталии (5; 11,6 %) и псевдоэталии (1; 2,3 %) (рис. 2). Другой важной диагностической характеристикой грибообразных протистов выступает форма споротеки. Большинство таксонов характеризуется шаровидной (30 видов), цилиндрической (9), подушковидной (8), овальной (5) формой. В меньшей степени встречаются сферическая (3), линзообразная (2), дисковидная, конусовидная, грушевидная, продолговатая, почковидная и эллипсоидальная (1) структуры (рис. 3).

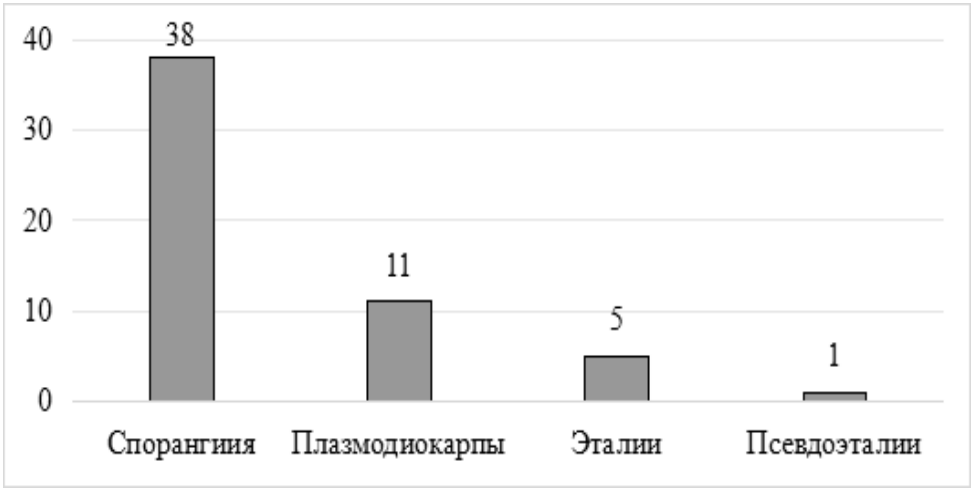


Рис. 2. Типы плодовых тел темноспоровых плазмодиальных миксомицетов Воронежской области

Идентификацию видов слизевиков обычно проводят на основе микроскопии органов размножения. Споры выявленных таксонов темноспоровых плазмодиальных миксомицетов лесных сообществ Воронежской области обладают 10-ю вариантами окраски, среди которых чаще всего встречаются коричневая (33), фиолетовая (26), черная (24). Реже встречается серая, красная (3), лиловая, желтая, ржавая (2), оливковая и пурпурная (1) окраска (рис. 4).

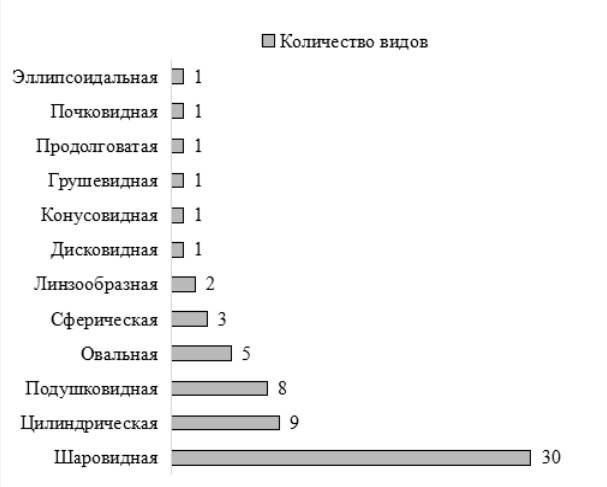


Рис. 3. Форма споротеки миксомицетов

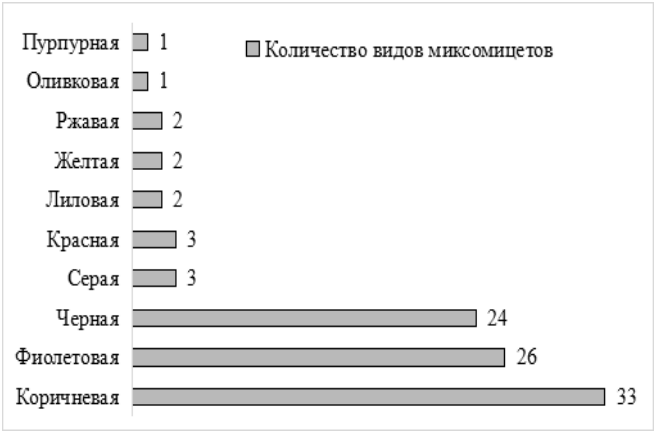


Рис. 4. Окраска спор миксомицетов

Поверхность большинства спор бородавчатая (29), шиповатая (13), шероховатая (5) и сетчатая (3). Гладкая структура спор встречается у 4 представителей.

В результате анализа трофической специализации выявленных видов миксомицетов, установлено, что в качестве субстрата они могут использовать гниющую древесину и гниющие растительные остатки, кору живых и мертвых деревьев, плодовые тела грибов, лиственный опад, мхи, солому и помет растительноядных животных (рис. 5).

Как видно из рисунка 5 чаще всего в качестве субстрата используются гниющая древесина (33 вида миксомицетов), лиственный опад (19), гнилые растительные остатки (10), кора живых деревьев (5), мертвая кора (4), мхи (3). В меньшей степени выявленные миксомицеты адаптируются к росту на соломе, помете растительноядных животных, плодовых телах грибов (1).

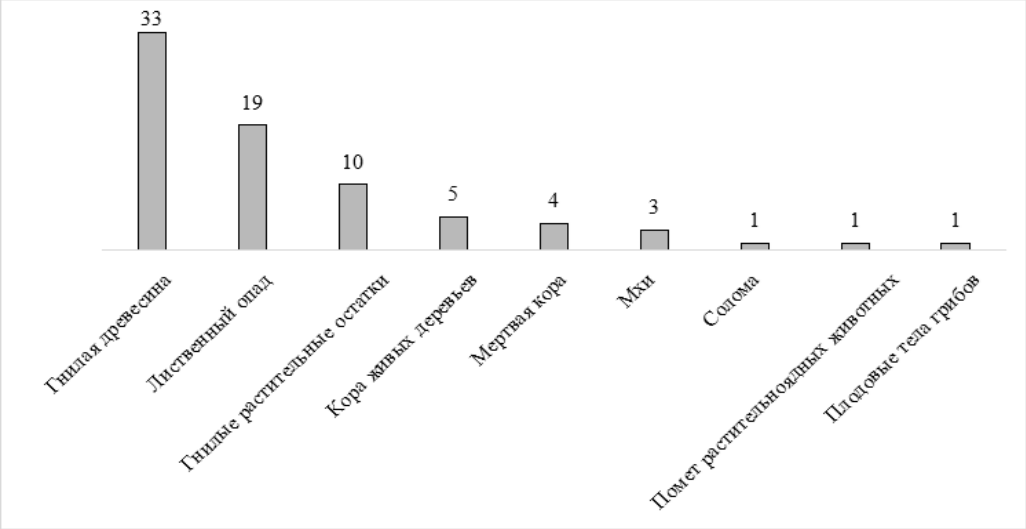


Рис. 5. Распределение темноспоровых плазмодиальных миксомицетов по типам субстрата

При анализе типов субстратных комплексов установлено, что обнаруженные виды слизевиков могут классифицироваться на три группы – ксилобионтные, эпифитные и подстилочные. Подавляющее большинство видов темноспоровых миксомицетов относится к ксилобионтному (12 видов; 27,9 % от общего числа видов) и подстилочному (5; 11,6 %) субстратному комплексу. Наименьшее число таксонов принадлежит эпифитному субстратному комплексу, что составляет 3 вида и 7,0 % соответственно. Среди выявленных видов слизевиков 6 (14,0 %) таксонов проявляли одновремененно ксилобионтный и подстилочный тип, 3 (7,0 %) – ксилобионтный и эпифитный, 1 (2,3 %) – эпифитный и подстилочный, в то время как 13 (30,2 %) видов характеризовалисьб всеми тремя типами трофической приуроченности.

Выводы. Таким образом, лесные сообщества Воронежской области характеризуются довольно богатым видовым рзнообразием темноспоровых плазмодиальных миксомицетов, однако из-за их малых размеров плодовых тел и специализированных эколого-трофических условий произрастания, обнаружение новых видов слизевиков на рассматриваемых территориях – результат будущих исследований.

Список литературы

1. Мелькумов Г.М. Видовое разнообразие и экологические особенности миксомицетов (Mухomycetes) разнотипных сообществ Воронежской области /

Г.М. Мелькумов // Материалы 4-й Международной ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге (22-28 апреля 2018 г.). – Санкт-Петербург, 2018. – С. 213-214.

2. Мелькумов Г.М. Субстратная специализация плазмодиальных миксомицетов (Myxomycetes) природного заказника областного значения «Воронежская нагорная дубрава» / Г.М. Мелькумов, К.А. Плотникова // Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновленных лесных экосистем. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеж и ЦЧР России (4–6 октября 2018 г.). – Воронеж, 2018. – Т. 1. – С. 165-173.

3. Новожилов Ю.К. Определитель грибов России. Отдел Слизевики. Вып. 1. Класс Миксомицеты / Ю.К. Новожилов. – Санкт-Петербург: Наука, 1993. – 288 с.

4. Carlos R. Myxomycetes. Biology, Systematics, Biogeography and Ecology. Second Edition / R. Carlos, S.L. Stephenson. – Amsterdam: Academic Press, 2021. – 602 p.

5. Ing B. The Myxomycetes of Britain and Ireland. An identification Handbook / B. Ing. – Creat Britain, 1999. – 374 p.

6. Kirk P.M. Dictionary of the Fungi / P.M. Kirk, P.F. Cannon, D.W. Minter, J.A. Stalpers. – Wallugford, CABT Europe – UK, 2008. – 771 p.

7. Neubert H. Die Myxomyceten. Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berűcksichtigung Ὂsterreichs. Band 1. Ceratiomyxales, Echinosteliales, Liceales, Trichiales / H. Neubert, W. Nowothy, K. Baumann. – Gomaringen: Baumann, 1993. – 340 p.

8. Neubert H. Die Myxomyceten. Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berűcksichtigung Ὂsterreichs. Band 2. Physarales / H. Neubert, W. Nowothy, K. Baumann, M. von H. Marx. – Gomaringen: Baumann, 1995. – 368 p.

9. Neubert H. Die Myxomyceten. Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berűcksichtigung Ὂsterreichs. Band 3. Stemonitales / H. Neubert, W. Nowothy, K. Baumann, M. von H. Marx. – Gomaringen: Baumann, 2000. – 389 p.

10. Stephenson S.L., Stempen H. Myxomycetes. A Handbook of slime molds / S.L. Stephenson, H. Stempen. – Portland, Oregon: Timber Press, 1994. – 183 p.

References

1. Melkumov G.M. Species diversity and ecological characteristics of myxomycetes of different types of communities in the Voronezh region / G.M. Melkumov // Proceedings of the 4th International Botanical Conference of Young Scientists in St. Petersburg (April 22-28, 2018). - St. Petersburg, 2018. - Pp. 213-214.

2. Melkumov G.M. Substrate specialization of plasmodial myxomycetes (Myxomycetes) of the regional nature reserve "Voronezh Upland Oak Forest" / G.M. Melkumov, K.A. Plotnikova //

Ecological and biological foundations for increasing the productivity and sustainability of natural and artificially restored forest ecosystems. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of higher forestry education in Voronezh and the Central Black Sea Region of Russia (October 4–6, 2018). – Voronezh, 2018. – Vol. 1. – Pp. 165–173.

3. Novozhilov Yu.K. Identification Guide to Fungi of Russia. Department Slime Molds. Issue 1. Class Myxomycetes / Yu.K. Novozhilov. – St. Petersburg: Nauka, 1993. – 288 p.

4. Carlos R. Myxomycetes. Biology, Systematics, Biogeography and Ecology. Second Edition / R. Carlos, S.L. Stephenson. – Amsterdam: Academic Press, 2021. – 602 p.

5. Ing B. The Myxomycetes of Britain and Ireland. An identification Handbook / B. Ing. – Creat Britain, 1999. – 374 p.

6. Kirk P.M. Dictionary of the Fungi / P.M. Kirk, P.F. Cannon, D.W. Minter, J.A. Stalpers. – Wallugford, CABT Europe – UK, 2008. – 771 p.

7. Neubert H. Die Myxomyceten. Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berűcksichtigung Ӧsterreichs. Band 1. Ceratiomyxales, Echinosteliales, Liceales, Trichiales / H. Neubert, W. Nowothy, K. Baumann. – Gomaringen: Baumann, 1993. – 340 p.

8. Neubert H. Die Myxomyceten. Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berűcksichtigung Ӧsterreichs. Band 2. Physarales / H. Neubert, W. Nowothy, K. Baumann, M. von H. Marx. – Gomaringen: Baumann, 1995. – 368 p.

9. Neubert H. Die Myxomyceten. Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berűcksichtigung Ӧsterreichs. Band 3. Stemonitales / H. Neubert, W. Nowothy, K. Baumann, M. von H. Marx. – Gomaringen: Baumann, 2000. – 389 p.

10. Stephenson S.L., Stempen H. Myxomycetes. A Handbook of slime molds / S.L. Stephenson, H. Stempen. – Portland, Oregon: Timber Press, 1994. – 183 p.

УДК 582.2 (470.324)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_236-241

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРОСЛЕЙ РЕКИ УСМАНКА

SPECIES DIVERSITY OF ALGAE OF THE USMANKA RIVER

Мелькумов Г.М., доцент медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Щетинина Д.А., бакалавр 3 курса медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Melkumov G.M., Associate Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Russian Federation, Voronezh, Russia

Shchetinina D.A., 3rd year Bachelor of the Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Аннотация: Работа посвящена многолетнему изучению видового состава и экологических особенностей водорослей реки Усманка. В ходе альгологического исследования выявлено 33 вида водорослей, принадлежащих к 6 отделам, 9 классам, 22 порядкам, 26 семействам и 33 родам. Большинство видов относится к отделам Chlorophyta (12 видов), Bacillariophyta (11) и Cyanophyta (7). Доминирующими по видовой насыщенности порядками является Cymbellales, Zygnematales (3), Chlorellales, Chroococcales, Naviculales, Nostocales, Oscillatoriales, Rhopalodiales, Tabellariales (2). Наибольшее число видов пресноводных водорослей относится к семейству Zygnemataceae (3 вида), Chrollaceae, Gomphonemataceae, Microcystaceae, Rhopalodiaceae и Tabellariaceae (2). По одному виду представлено у Batrachospermaceae, Chaetophoraceae, Chlamydomonadaceae, Cladophoraceae, Cymbellaceae, Euglenaceae, Fragilariaceae, Gloeotrichiaceae, Goniaceae, Hydrodictyaceae, Melosiraceae, Nostocaceae, Oscillatoriaceae, Pinnulariaceae, Rivulariaceae, Spirulinaceae, Stauroneidaceae, Tribonemataceae, Ulotrichaceae, Ulvaceae, Zygnemataceae. Наибольшее число таксонов относятся к группам β-мезосапробионтов и ксеносапробионтов (6), олиго-α-мезосапробионтов, олиго-β-мезосапробионтов и олигосапробионтов (4). Чаще других в реке Усманка встречаются планктонные водоросли (14), реже – бентосные (11), «перифитонные» (5) или водоросли со смешанным характером, выступая в качестве планктонных и бентосных форм (3).

Abstract: The work is devoted to a long-term study of the species composition and ecological features of the algae of the Usmanka River. The algological study revealed 33 species of algae belonging to 6 divisions, 9 classes, 22 orders, 26 families and 33 genera. Most species belong to the divisions Chlorophyta (12 species), Bacillariophyta (11) and Cyanophyta (7). The dominant orders in terms of species saturation are Cymbellales, Zygnematales (3), Chlorellales, Chroococcales, Naviculales, Nostocales, Oscillatoriales, Rhopalodiales, Tabellariales (2). The largest number of freshwater algae species belongs to the family Zygnemataceae (3 species), Chrollaceae, Gomphonemataceae, Microcystaceae, Rhopalodiaceae and Tabellariaceae (2). One species is represented in Batrachospermaceae, Chaetophoraceae, Chlamydomonadaceae, Cladophoraceae, Cymbellaceae, Euglenaceae, Fragilariaceae, Gloeotrichiaceae, Goniaceae, Hydrodictyaceae, Melosiraceae, Nostocaceae, Oscillatoriaceae, Pinnulariaceae, Rivulariaceae, Spirulinaceae, Stauroneidaceae, Tribonemataceae, Ulotrichaceae, Ulvaceae, Zygnemataceae. The largest number of taxa belong to the groups of β-mesosaprobionts and xenosaprobionts (6), oligo-α-mesosaprobionts, oligo-β-mesosaprobionts and oligosaprobionts (4). Planktonic algae (14) are more common in the Usmanka River, benthic (11), «periphyton» (5) or algae with They have a mixed character, acting as planktonic and benthic forms (3).

© Мелькумов Г. М., Щетинина Д. А., 2026

Ключевые слова: водоросли, таллом, планктон, «перифитон», сапротрофность, Воронежская область.

Keywords: algae, thallom, plankton, «periphyton», saprotrophy, Voronezh region.

Водоросли – это обширная, в значительной мере сборная группа преимущественно автотрофных талломных фотосинтезирующих одноклеточных, колониальных и многоклеточных водных и почвенных организмов. Они выступают важным компонентов водных экосистем, участвуют в образовании органического вещества в воде, круговороте биогенных веществ, являются ценозообразующим звеном в природе, применяются в индикационных и мониторинговых научных исследованиях [12].

Сбор полевого материала проводился в весенне-осенний периоды 2023-2025 годов на территории реки Усманки. Отбор проб и их об работку проводили по общепринятым методикам [6; 14; 15]. Для определения видов водорослей использовался световой микроскоп «Биомед-1». Идентификация водорослей и их экологических особенностей проводилось с помощью определителей, монографий и учебных пособий [1-5; 7-11; 13; 16]. Сапробность выявленных видов водорослей определялась в соответствии с классификацией водных зон сапробности среди гидробионтов [5]: организмы сильно загрязненных вод (полисапробионты); организмы умеренно загрязненных вод (мезосапробионты), с двумя подгруппами β-мезосапробионтов и α-мезосапробионтов; организмы слабозагрязненных вод (олигосапробионты); организмы совершенно чистых вод (ксеносапробионты). Названия таксонов видов водорослей приводятся с данными Интернет ресурса http://www.algaebase.org/ (по состоянию на 14.02.2026) и расположены согласно системе С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой [5].

В результате проведённого альгологического исследования выявлено 33 вида водорослей, обитающих в реке Усманка и относящихся к 6 отделам, 9 классам, 22 порядкам, 26 семействам и 33 родам (рис. 1).

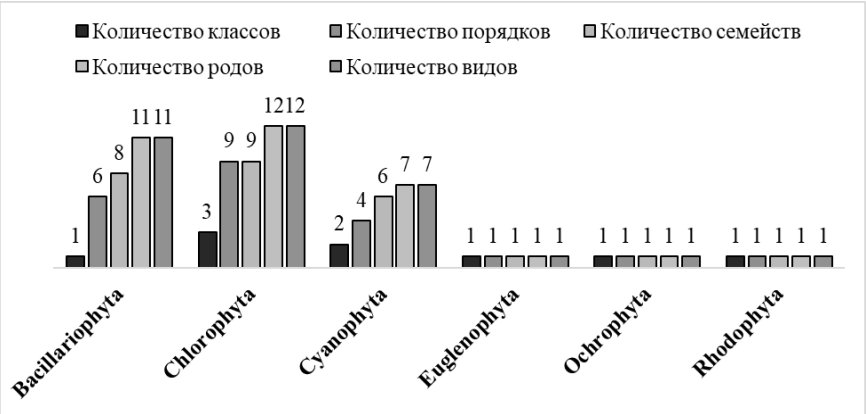


Рис. 1. Таксономическое распределение отделов пресноводных водорослей реки Усманка

Как видно из рисунка 1 большинство выявленных видов относится к отделу Chlorophyta (12 видов; 36,4 % от общего числа видов). Данный отдел представлен 3 классами (33,3 % от общего числа классов), 9 порядками (40,9 % от общего числа порядков),

9 семействами (34,6 % от общего числа семейств) и 12 родами (36,4 % от общего числа родов). Отдел Bacillariophyta (11; 33,3 %) представлен 1 классом (11,1 %), 6 порядками (27,2 %), 8 семействами (30,7 %) и 11 родами (33,3 %). Меньшим числом видов характеризуются отделы Cyanophyta (7; 21,2 %), включающий 2 класса (22,2 %), 4 порядка (18,2 %), 6 семейств (23,1 %) и 7 родами (21,2 %); Euglenophyta, Ochrophyta и Rhodophyta (1; 3,0 %), представлены 1 классом (11,1 %), 1 порядком (4,5 %), 1 семейством (3,8 %) и 1 родом (3,0 %).

Доминирующими по видовой насыщенности порядками является Cymbellales, Zygnematales (3 вида; 9,1 % от общего числа видов), Chlorellales, Chroococcales, Naviculales, Nostocales, Oscillatoriales, Rhopalodiales, Tabellariales (2; 6,1 %), Batrachospermales, Chaetophorales, Cladophorales, Chlamydomonadales, Euglenales, Fragilariales, Melosirales, Spirulinales, Tribonematales, Sphaeropleales, Ulotrichales, Ulvales, Volvocales, (1; 3,0 %).

Наибольшее число видов пресноводных водорослей относится к семейству Zygnemataceae (3 вида), что составляет 9,1 % от общего числа видов, Chrollaceae, Gomphonemataceae, Microcystaceae, Rhopalodiaceae, Tabellariaceae (2; 6,1 %). По одному виду представлено у Batrachospermaceae, Chaetophoraceae, Chlamydomonadaceae, Cladophoraceae, Cymbellaceae, Euglenaceae, Fragilariaceae, Gloeotrichiaceae, Goniaceae, Hydrodictyaceae, Melosiraceae, Nostocaceae, Oscillatoriaceae, Pinnulariaceae, Rivulariaceae, Spirulinaceae, Stauroneidaceae, Tribonemataceae, Ulotrichaceae, Ulvaceae, Zygnemataceae (3,0 %).

При анализе физико-биохимических свойств сапробионтов было установлено, что выявленные виды пресноводных водорослей разнотипных сообществ Воронежской области относятся к 13 экологическим группам (рис. 2).

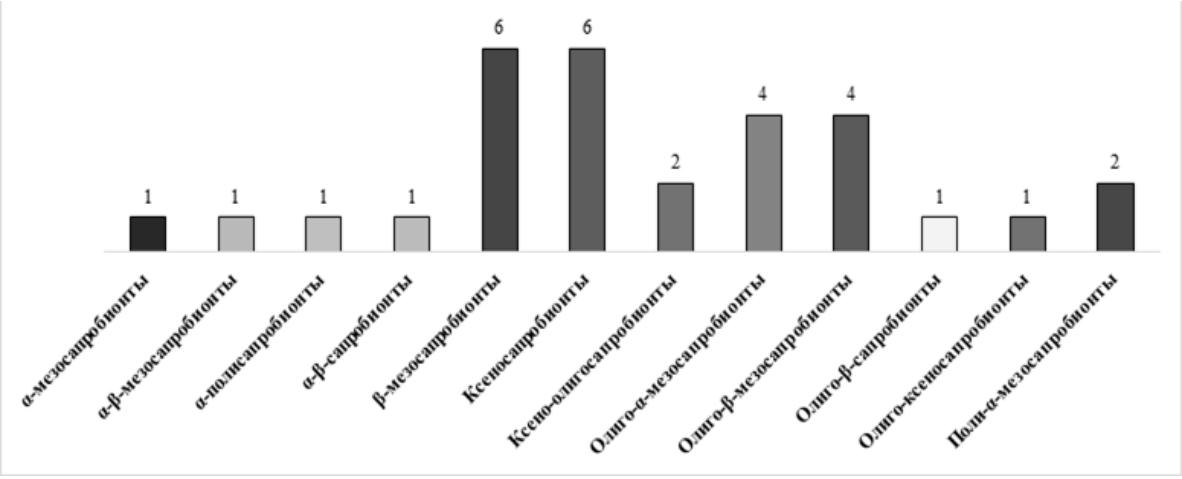


Рис. 2. Таксономическое распределение водорослей-сапробионтов

Подавляющее число видов водорослей относилось к группам β-мезосапробионтов и ксеносапробионтов (6; 18,2 %), олиго-α-мезосапробионтов, олиго-β-мезосапробионтов, олигосапробионтов (4; 12,1 %). Меньшим числом видов представлены группы ксено-

олигосапробионтов, поли-α-мезосапробионтов (2; 6,1 %), α-β-мезосапробионтов, α-β-сапробионтов, олиго-β-сапробионтов, олиго-ксено-сапробионтов, α-мезосапробионтов, α-полисапробионтов (1; 3,0 %).

При анализе экологических групп водорослей было отмечено, что большинство видов относились к планктонным организмам (14 видов; 42,4% от общего числа видов), бентосным (11; 33,3%) и «перифитонным» (5; 15,2%), меньшая – проявляла смешанный характер, выступая в качестве планктонных и бентосных форм (3; 9,1%).

Выводы. Наибольший вклад в видовое разнообразие реки Усманка вносят представители водорослей из отделов Bacillariophyta и Chlorophyta, относящиеся к β-мезосапробионтам, ксеносапробионтам, олиго-β-мезосапробионтам, планктонным и бентосным экологическим группам. Детальный анализ видового состава и экологических особенностей водорослей позволит дать более полную альгологическую картину реки Усманка.

Список литературы

1. Анисимова О.В. Атлас водорослей водоёмов Звенигородской биологической станции им. С.Н. Скадовского. Учеб. пособ. к летней практике / О.В. Анисимова, О.Л. Романова, Е.М. Тапченко. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2004. – 132 с.

2. Анисимова О.В. Краткий определитель родов водорослей Московской области: учебное пособие / О.В. Анисимова, М.А. Гололобова. – М.: Тип. Знак Почета изд-ва МГУ, 2006. – 159 с.

3. Балашова Н.Б. Водоросли / Н.Б. Балашова, В.Н. Никитина. – Л.: Лениздат, 1989. – 116 с.

4. Балашова Н.Б. Летняя практика по альгологии и микологии в Санкт Петербургском университете / Н.Б. Балашова, А.В. Тобиас, Д.Е. Гимельбрант. – СПб.: Издательство Санкт Петербургского университета, 2005. – 237 с.

5. Баринова С.С. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток) / С.С. Баринова, Л.А. Медведева. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.

6. Вшивкова Т.С. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие / Т.С. Вшивкова, Н.В. Иваненко, Л.В. Якименко, К.А. Дроздов. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. – 240 с.

7. Голлербах М.М. Почвенные водоросли М.М. Голлербах, Э.А. Штина. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.

8. Горбунова Н.П. Альгология / Н.П. Горбунова. – М.: Высшая школа, 1991. – 256 с.

9. Гуревич А.А. Пресноводные водоросли. Определитель / А.А. Гуревич. – М.: Просвещение, 1966. – 113 с.

10. Дедусенко-Щеголева Н.Т. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Зеленые водоросли / Н.Т. Дедусенко-Щеголева, А.М. Матвиенко, Л.А. Шкорбатов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. – 1959. – 222 с.

11. Дьяков Ю.Т. Ботаника: курс альгологии и микологии: учебник / Ю.Т. Дьяков. – М.: МГУ, 2007. – 559 с.

12. Каплин В.Г. Биоиндикация состояния экосистем: учеб. Пособие / В.Г. Каплин. – Самара: Самарская ГСХА, 2001. – 143 с.

13. Киселев И.А. Изучение планктона водоёмов / И.А. Киселев. – М., Л.: АН СССР, 1950. – 41 с.

14. Ковтун О.А. Методические указания по изучению фитомикробентоса и фитоперифитона / О.А. Ковтун, А.А. Снигирева. – Одесса: ОНУ им. И.И. Мечникова, 2012. – 36 с.

15. Мелькумов Г.М. Спецпрактикум. Альгология: учебное пособие / Г.М. Мелькумов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. – 145 с.

16. Таскаева Н.Я. Краткий определитель пресноводных водорослей / Н.Я. Таскаева. – М., 2002. – 52 с.

References

1. Anisimova, O.V. Atlas of algae in the reservoirs of the S.N. Skadovsky Zvenigorod Biological Station. A textbook for summer practice / O.V. Anisimova, O.L. Romanova, E.M. Tapchenko. - Moscow: Moscow University Publishing House, 2004. - 132 p.

2. Anisimova, O.V. Brief identification guide to algae genera in the Moscow region: a textbook / O.V. Anisimova, M.A. Gololobova. - Moscow: Badge of Honor Type of Moscow State University Publishing House, 2006. - 159 p.

3. Balashova, N.B. Algae / N.B. Balashova, V.N. Nikitina. - Leningrad: Lenizdat, 1989. - 116 p.

4. Balashova N.B. Summer Practice in Algology and Mycology at St. Petersburg University / N.B. Balashova, A.V. Tobias, D.E. Gimelbrant. - St. Petersburg: St. Petersburg University Publishing House, 2005. - 237 p.

5. Barinova S.S. Atlas of Algae - Indicators of Saprobicity (Russian Far East) / S.S. Barinova, L.A. Medvedeva. - Vladivostok: Dalnauka, 1996. - 364 p.

6. Vshivkova T.S. Introduction to Freshwater Biomonitoring: A Tutorial / T.S. Vshivkova, N.V. Ivanenko, L.V. Yakimenko, K.A. Drozdov. - Vladivostok: VSUES Publishing House, 2019. - 240 p.

7. Gollerbakh M.M. Soil Algae M.M. Gollerbakh, E.A. Shtina. - L.: Nauka, 1969. - 228 p.

8. Gorbunova N.P. Algology / N.P. Gorbunova. - M.: Vysshaya shkola, 1991. - 256 p.

9. Gurevich A.A. Freshwater Algae. A Guide / A.A. Gurevich. - M.: Prosveshchenie, 1966. - 113 p.

10. Dedusenko-Shchegoleva N.T. Guide to Freshwater Algae of the USSR. Issue 8. Green Algae / N.T. Dedusenko-Shchegoleva, A.M. Matvienko, L.A. Shkorbatov. - M.-L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. – 1959. – 222 p.

11. Dyakov Yu. T. Botany: a course of algology and mycology: textbook / Yu. T. Dyakov. – M.: MSU, 2007. – 559 p.

12. Kaplin V. G. Bioindication of the state of ecosystems: a textbook. Manual / V. G. Kaplin. – Samara: Samara State Agricultural Academy, 2001. – 143 p.

13. Kiselev I. A. Study of plankton of reservoirs / I. A. Kiselev. – M., L.: USSR Academy of Sciences, 1950. – 41 p.

14. Kovtun O. A. Methodical guidelines for the study of phytomicrobenthos and phytoperiphyton / O. A. Kovtun, A. A. Snigireva. – Odessa: ONU im. I.I. Mechnikov, 2012. – 36 p.

15. Melkumov G.M. Special practical training. Algology: a textbook / G.M. Melkumov. – Voronezh: VSU Publishing House, 2016. – 145 p.

16. Taskaeva N.Ya. Brief identification guide to freshwater algae / N.Ya. Taskaeva. – Moscow, 2002. – 52 p.

УДК 582.284 (470.324)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_242-247

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ГРИБОВ РОДА *COPRINUS* PERS. ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

NEW DATA ON THE SPECIES COMPOSITION AND ECOLOGICAL FEATURES OF FUNGI OF THE GENUS *COPRINUS* PERS. VORONEZH REGION

Мелькумов Г.М., доцент медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Melkumov G.M., Associate Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Russian Federation, Voronezh, Russia

Аннотация: Статья посвящена изучению видового разнообразия и экологических особенностей коприновых грибов Воронежской области, относящихся к отделу Базидиомикота (Basidiomycota), классу Агарикомицеты (Agaricomycetes), порядку Агариковые (Agaricales), семейству Шампиньоновые (Agaricaceae) и роду Навозник, или Копринус (*Coprinus*). К роду *Coprunus* относятся грибы с крупными плодовыми телами белого, серого, бежевого или фиолетового цвета, произрастающие во влажных местах, перегное, на плодородной богатой гумусом почве, на гниющей древесине и растительных остатках, навозе, в лиственных лесах, на полях, на газонах, свалках и огородах. Выявленные виды навозников Воронежской области представлены четырьмя трофическими группами, проявляя моно- или политрофический статус. Большинство таксонов произрастает на гумусе (8) и экскрементах травоядных животных (7), в меньшей степени - на разрушенной и погребенной древесине (2). Навозники Воронежской области, в основном, относятся к группе несъедобных (7; %), реже встречаются съедобные (3; %) и условно-съедобные (2; %) виды. Чаще всего грибы формируют плодовые тела поздним летом – начале осени, в августе и сентябре (12), в июне и июле (11) и мае (8).

Abstract: The article is devoted to the study of the species diversity and ecological features of coprine fungi of the Voronezh region belonging to the Basidiomycota division, the Agaricomycetes class, the Agaricales order, the Champignonaceae family, and the genus *Coprinus*. The genus *Coprinus* includes fungi with large fruiting bodies of white, gray, beige or purple color, growing in moist places, humus, on fertile humus-rich soil, on rotting wood and plant remains, manure, in deciduous forests, fields, lawns, landfills and vegetable gardens. The identified species of dung beetles in the Voronezh region are represented by four trophic groups, showing a mono- or polytrophic status. Most taxa grow on humus (8) and the excrement of herbivorous animals (7), to a lesser extent on destroyed and buried wood (2). The dung beetles of the Voronezh region mainly belong to the inedible group (7%), less often there are edible (3%) and conditionally edible (2%) species. Fungi most often form fruit bodies in late summer and early autumn, in August and September (12), in June and July (11), and in May (8).

Ключевые слова:*Coprinus*, трофическая специализация, пищевая ценность, Воронежская область.

Keywords: *Coprinus*, trophic specialization, nutritional value, Voronezh region.

© Мелькумов Г. М., 2026

Род *Coprinus* Pers. (навозник) – род грибов из семейства Agaricaceae (шампиньоновые) агарикоидных базидиальных грибов (отдел Basidiomycota). В настоящее время известно более 100 видов этого рода [2]. Навозники встречаются практически на всех континентах земного шара, но в большей степени встречаются в лиственных лесах северного полушария, предпочитая влажные места, перегной, плодородную богатую гумусом почву, гниющую древесину и растительные остатки. Некоторые виды применяются в пищевой промышленности, однако среди навозников есть несъедобные, и условно-съедобные представители (например, *C. atramentarius* при употреблении с алкогольными напитками может вызывать отравление). Жидкость, образующуюся при автолизе некоторых видов навозников, раньше активно использовали для приготовления чернил.

Сбор материала осуществлялся в мае-октябре 2022-2025 гг. в разнотипных сообществах Воронежской области.

При составлении таксономического списка видов навозниковых грибов помимо личных сборов автора проводился анализ литературы [7; 9; 12] и обработка образцов, хранящихся в микологическом гербарии кафедры ботаники и микологии Воронежского государственного университета (VOR). Идентификация видов осуществлялась с помощью определителей [3; 5; 6; 10; 11; 13; 14].

Для анализа трофической специализации видов рода *Coprinus* использовалась шкала трофических групп А.Е. Коваленко [4], дополненная О.В. Морозовой [8], с небольшими дополнениями и изменениями: Mr – микоризообразователи; Le – сапротрофы на древесине: Lei – на неразрушенной, Lep – на разрушенной, Lh – на погребенной; Hu –сапротрофы на гумусе; St – сапротрофы на подстилке; M – сапротрофы на мхах; Fd –сапротрофы на лиственном опаде; Sd – сапротрофы на опавших шишках; He – сапротрофы на стеблях травянистых растений; Co – сапротрофы на коре; Ex – сапротрофы на экскрементах; C – сапротрофы на углях; Mm – сапротрофы и паразиты на плодовых телах макромицетов; P – паразиты на древесных растениях.

Сведения о пищевых свойствах навозников устанавливались по литературным источникам [1; 6; 15].

Названия таксонов грибов приведены в соответствии с базой данных Интернет-ресурса CABI Bioscience Datebase – http://www.mycobank.org (по состоянию на 15.02.2026).

В результате проведенного в 2023-2025 гг. исследования обнаружено 12 видов навозников, произрастающих в разнотипных сообществах Воронежской области, относящихся к отделу Basidiomycota, классу Agaricomycetes, порядку Agaricales, семейству Agaricaceae и роду *Coprinus*.

Ниже приводится аннотированный список выявленных видов грибов.

Царство Fungi Bartling – Грибы

Отдел Basidiomycota Whittaker ex Moore – Базидиомикота

Класс Agaricomycetes Doweld. – Агарикомицеты

Порядок Agaricales Underw. – Агарикальные

Семейство Agaricaceae Chevall. – Агариковые

Род *Coprinus* Pers. - Навозник, или Копринус

1. *C. atramentarius* (Bull.) Fr. [= *Coprinopsis atramentariua* (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo]. – Навозник серый, или чернильно-серый.

2. *C. cinereus* (Schaeff.) Gray [= *Coprinopsis cinerea* (Schaeff.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo]. – Навозник обыкновенный, или пепельно-серый.

3. *C. comatus* (O.F. Müll.) Pers. – Навозник белый, или лохматый.

4. *C. congregatus* (Bull.) Fr. [= *Ephemerocybe congregata* (Bull.) Kun L. Yang, Jia Y. Lin & Zhu L. Yang]. - Навозник собранный.

5. *C. disseminatus* (Pers.) Gray [= *Coprinellus disseminatus* (Pers.) J.E. Lange]. – Навозник рассеянный.

6. *C. ephemerus* (Bull.) Fr. [= *Ephemerocybe ephemera* (Bull.) Fayod]. – Навозник эфемерный.

7. *C. micaceus* (Bull.) Fr. [= *Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson]. – Навозник мерцающий.

8. *C. niveus* (Pers.) Fr. [= *Coprinopsis nivea* (Pers.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo]. – Навозник белоснежный.

9. *C. picaceus* (Bull.) Gray [= *Coprinopsis picacea* (Bull.) Redh., Vilgalys & Moncalvo]. – Навозник сорочий, смолистый или пестрый.

10. *C. plicatilis* (Curtis) Fr. [= *Parasola plicatilis* (Curtis) Redhead, Vilgalys & Hopple]. – Навозник складчатый.

11. *C. stercorarius* (L. Marchand) Sacc. [= *Coprinopsis stercorea* (Fr.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo]. – Навозник стеркорариус.

12. *C. sterquilinus* (Fr.) Fr. - Навозник навознокучевый.

При анализе трофической специализации грибов установлено, что выявленные виды навозников представлены 4 трофическими группами, часто проявляя смешанных характер питания, поселяясь сразу на нескольких типах субстрата. Большинство таксонов относятся к группам гумусовых сапротрофов (Hu) (8; 66,7 %) и сапротрофам на экскрементах (Ex) (7; 58, 3 %). Меньшее число видов принадлежит к группам сапротрофов на разрушенной (Lep) и погребенной древесине (Lh) (2; 16,7 %). Среди выявленных видов грибов 7 представителей

(58,3 %) относились к группе несъедобных, 3 – к съедобным (3; 25,0 %) и условно-съедобным (2; 16,7 %) таксонам , которые при употреблении с алкогольными напитками вызывают серьезные пищевые отравления. Чаще всего виды навозников Воронежской области произрастают в августе и сентябре (12), реже встречаются в июне и июле (11), мае (8), октябре (5), ноябре (4) и декабре (1).

Выводы. Микобиота Воронежской области характеризуется большим разнообразием представителей, однако есть роды грибов, которые встречаются спорадически. Виды рода *Coprinus* представлены 12 таксонами, среди которых большинство являются несъедобными гумусовыми сапротрофами, формирующими плодовые тела в летнее время года.

Список литературы

1. Дудка И.А. Грибы. Справочник миколога и грибника / И.А. Дудка, С.П. Вассер. – Киев: Наук. Думка, 1987. – 535 с.

2. Жизнь растений. Том 2. Грибы / под ред. проф. М.В. Горленко. – 1976. – 488 с.

3. Кибби Д. Атлас грибов. Определитель видов / Д. Кибби. – Санкт-Петербург: Амфора, 2009. – 269 с.

4. Коваленко А.Е. Экологический обзор грибов из порядков Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales в горных лесах центральной части Западного Кавказа / А.Е. Коваленко // Микология и фитопатология. – 1980. – Т. 14, вып. 4. – С. 300-314.

5. Куреннов И.П. Полная иллюстрированная энциклопедия: справочное издание / И.П. Куреннов. – Москва: Марнтин, 2017. – 320 с.

6. Лессо Т. Определитель. Грибы / Т. Лессо. – Москва: АСТ-Астрель, 2003. – 304 с.

7. Мелькумов Г.М. Съедобные агарикоидные базидиальные грибы лесных ценозов Воронежской области / Г.М. Мелькумов, Е.А. Данилова // Состояние и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. – Воронеж, 2018. - Вып. 30. – С. 173-178. – (Труды биологического учебно-научного центра «Веневитиново» Воронежского государственного университета).

8. Морозова О.В. Агарикоидные базидиомицеты подзоны южной тайги Ленинградской области: дисс. ... канд. биол. наук. – СПб.: БИН РАН, 2001. – 250 с.

9. Николаева М.И. Съедобные и ядовитые грибы Центрального Черноземья / М.И. Николаева, А.И. Ртищева, В.Н. Алферова. – Воронеж: Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1986. – 143 с.

10. Плешанов Е.А. Грибы Черноземья / Е.А. Плешанов. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2017. – 264 с.

11. Поленов А.Б. Большая энциклопедия грибника. Собираем и готовим / А.Б. Поленов. – Москва: АСТ, 2018. – 208 с.

12. Хмелев К.Ф. Биоразнообразие и экологическое особенности базидиальных макромицетов бассейна Среднего Дона / К.Ф. Хмелев, А.А. Афанасьев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – 187 с.

13. Эванс Ш. Энциклопедия. Грибы / Ш. Эванс, Д. Кибби. - Москва: АСТ-Астрель, 2008. - 296 с.

14. Юдин А.В. Краткий определитель грибов / А.В. Юдин. – Москва: АСТ-Астрель, 2008. – 254 с.

15. Янсен П. Все о грибах / П. Янсен.– Вильнюс: UAB «BESTIARY», 2014. – 128 с.

References

1. Dudka, I.A. Mushrooms. Mycologist's and Mushroom Picker's Handbook / I.A. Dudka, S.P. Wasser. Kyiv: Nauk. Dumka, 1987. 535 p.

2. Life of Plants. Volume 2. Mushrooms / edited by prof. M.V. Gorlenko. 1976. 488 p.

3. Kibbie, D. Atlas of Fungi. Species Key / D. Kibbie. St. Petersburg: Amphora, 2009. 269 p.

4. Kovalenko, A.E. Ecological Review of Fungi from the Orders Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., and Russulales in the Mountain Forests of the Central Part of the Western Caucasus / A.E. Kovalenko // Mycology and Phytopathology. – 1980. – Vol. 14, issue 4. – P. 300-314.

5. Kurennov I.P. Complete illustrated encyclopedia: reference publication / I.P. Kurennov. – Moscow: Martin, 2017. – 320 p.

6. Lesso T. Identifier. Mushrooms / T. Lesso. – Moscow: AST-Astrel, 2003. – 304 p.

7. Melkumov G.M. Edible agaricoid basidiomycetes of forest cenoses of the Voronezh region / G.M. Melkumov, E.A. Danilova // State and problems of ecosystems of the Central Russian forest-steppe. – Voronezh, 2018. - Issue 30. – P. 173-178. – (Proceedings of the Biological Educational and Scientific Center "Venevitinovo" of Voronezh State University).

8. Morozova O.V. Agaricoid basidiomycetes of the southern taiga subzone of the Leningrad region: diss. ... Cand. Biol. Sci. – St. Petersburg: BIN RAS, 2001. – 250 p.

9. Nikolaeva M.I. Edible and poisonous mushrooms of the Central Black Earth Region / M.I. Nikolaeva, A.I. Rtishcheva, V.N. Alferova. – Voronezh: Central Black Earth Book Publishing House, 1986. – 143 p.

10. Pleshanov E.A. Mushrooms of the Black Earth Region / E.A. Pleshanov. – Voronezh: Central Black Earth Book Publishing House, 2017. – 264 p.

11. Polenov, A.B. The Great Mushroom Picker's Encyclopedia. Collecting and Cooking / A.B. Polenov. Moscow: AST, 2018. 208 p.

12. Khmelev, K.F. Biodiversity and Ecological Features of Basidiomycetes of the Middle Don Basin / K.F. Khmelev, A.A. Afanasyev. Voronezh: Voronezh State University Publishing House, 2000. 187 p.

13. Evans, S. Encyclopedia. Mushrooms / S. Evans, D. Kibbie. Moscow: AST-Astrel, 2008. 296 p.

14. Yudin, A.V. Brief Guide to Mushrooms / A.V. Yudin. Moscow: AST-Astrel, 2008. 254 p.

15. Jansen P. All about mushrooms / P. Jansen. – Vilnius: UAB “BESTIARY”, 2014. – 128 p.

УДК:

DOI: 10.58168/EnvPr2026_248-253

РЕДКИЕ И РЕЛИКТОВЫЕ ВИДЫ ВОРОНЕЖСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В.М. ПЕСКОВА

RARE AND RELICT SPECIES OF THE VORONEZH V.M. PESKOV BIOSPHERIC RESERVE

Некипелова Д.Е., студентка 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Моисеева Е.В., к.б.н., доцент кафедры экологии, защиты леса и охотоведения «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Nekipelova D.E., 3rd year student of the Forestry Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Moiseeva E.V., PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Ecology, Forest Protection and Game Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлен обзор редких и реликтовых видов флоры и фауны Воронежского государственного природного биосферного заповедника имени В.М. Пескова. Приведена краткая характеристика заповедника, его биосферного статуса и современного биоразнообразия (1051 вид сосудистых растений, около 5000 видов насекомых, 344 вида позвоночных, 43 вида занесены в Красную книгу РФ). Рассмотрены категории редкости для гигантской вечерницы (Nyctalus lasiopterus), орлана-белохвоста (Haliaeetus albicilla), чёрного аиста (Ciconia nigra), пчелы-плотника (Xylocopa valga), ковыля перистого (Stipa pennata), прострела лугового (Pulsatilla pratensis), росянки круглолистной (Drosera rotundifolia) и брусники (Vaccinium vitis-idaea) согласно Красной книге Воронежской области. Отдельное внимание уделено реликтовым видам: русской выхухоли (Desmana moschata) как третичному (неогеновому) реликту, а также росянке круглолистной и бруснике как плейстоценовым (гляциальным) реликтам, сохранившимся в рефугиумах — сфагновых болотах. Показано, что сфагновые болота заповедника являются постледниковыми реликтовыми ландшафтами. Выявлены основные лимитирующие факторы (вырубка лесов, осушение болот, применение пестицидов, фактор беспокойства, сбор растений) и предложены меры охраны. Сделан вывод о высокой природоохранной и научной значимости Воронежского биосферного заповедника для сохранения редких и реликтовых видов в лесостепной зоне.

Abstract: The article provides an overview of rare and relict species of flora and fauna of the Voronezh State Natural Biosphere Reserve named after V.M. Peskov. A brief description of the reserve, its biosphere status, and current biodiversity (1,051 species of vascular plants, about 5,000 species of insects, 344 species of vertebrates, and 43 species listed in the Red Book of the Russian Federation) is provided. The categories of rarity for the giant evening bat (Nyctalus lasiopterus), the white-tailed eagle (Haliaeetus albicilla), the black stork (Ciconia nigra), the carpenter bee (Xylocopa valga), the feathered feather grass (Stipa pennata), the meadow sainfoin (Pulsatilla pratensis), the round-leaved sundew (Drosera rotundifolia), and the lingonberry (Vaccinium vitis-idaea) have been considered according to the Red Book of the Voronezh Region. Special attention is paid to relict species: the Russian mole-rat (Desmana moschata) as a Tertiary (Neogene) relic, as well as the round-leaved sundew.

© Некипелова Д. Е., Моисеева Е. В., 2026

Ключевые слова: Воронежский биосферный заповедник, редкие виды, реликтовые виды, Красная книга Воронежской области, гигантская вечерница, орлан-белохвост, чёрный аист, пчела-плотник, ковыль перистый, прострел луговой, росянка круглолистная, брусника, русская выхухоль, сфагновые болота, гляциальный реликт, рефугиум.

Keywords: Voronezh Biosphere Reserve, rare species, relict species, Red Book of the Voronezh Region, giant evening primrose, white-tailed eagle, black stork, carpenter bee, feathered feather grass, meadow larkspur, round-leaved sundew, lingonberry, Russian eel, sphagnum bogs, glacial relict, refugium

Статус «Биосферный заповедник» присваивается не каждой особо охраняемой природной территории. Для этого ООПТ должна отвечать строгим критериям, созданными международной организацией ЮНЕСКО. Например, иметь функциональное зонирование включающие заповедную зону, буферную и переходную зоны. В 2025 году насчитывается около 312.500 ООПТ из них 784 это биосферные заповедники. Воронежской области посчастливилось стать одной из немногих обладательниц биосферного заповедника. Воронежский биосферный заповедник им. В. М. Пескова был создан в 1923, для охраны исчезающего вида – речного бобра, а статус биосферного заповедника был присвоен в 1985 году. Сейчас на данном ООПТ проживает 344 вида позвоночных (228 птиц, 61 млекопитающее, 38 рыб, 9 амфибий, 7 рептилий, 1 минога) и около 5000 видов насекомых , а также произрастает прорастает 1051 вид сосудистых растений. Из всего биоразнообразия заповедника 43 вида занесены в Красную книгу РФ.

Редкий вид считается таковым, если он малочислен, либо имеет узкий ареал обитания и находится под угрозой исчезновения. Причины редкости могут быть вызваны различными процессами от естественных колебаний до техногенной деятельности человека. В отличие от реликтов, с эволюционной точки зрения такой вид может считаться «молодым». Рассмотрим некоторые редкие виды, которые встречаются на территории Воронежского биосферного заповедника.

Гигантская вечерница (Nyctalus lasiopterus) категория: 3 (редкий вид) – самая большая летучая мышь России. Сведение широколиственных лесов (местообитание вечерницы) и дефицит насекомых (пища для нее) является главной причиной упадка численности вида

Орлан-белохвост (Haliaeetus albicilla) категория: 3 (редкий вид) – одна из самых крупных птиц в фауне России. Две пары этих птиц постоянно обитают на территории Воронежского заповедника, а в зимний период можно встретить около 10 особей. Из-за своих размеров орлан привлек внимание браконьеров, хотевших получить в коллекцию пернатого хищника. В нынешнее время действует запрет на охоту этого вида отмечается положительный тренд увеличения численности.

Черный аист (Ciconia nigra) категория: 1 (вид, находящийся под угрозой исчезновения)– имеет очень скрытый характер и избегает контакта с человеком, в отличии от белого аиста. Его можно редко наблюдать летом во время миграций, но на территории заповедника не гнездиться так как испытывает недостаток в кормовых угодьях из-за большой конкуренции. Тот факт, что эта скрытная птица появляется в заповеднике говорит о его высокой охране и сохранности лесных экосистем. Черный аист уязвим, как и многие виды, из-за того, что вырубается лес и его местообитание находиться под угрозой.

Пчела-плотник (Xylocopa valga) категория: 2 (сокращающийся в численности вид) – такое название получила, потому что специфично устраивает свое жилище, она прогрызает челюстями ходы в древесине для устройства гнезд. Имеет большие размеры и отличительный черный окрас с сине-фиолетовым блеском. Редкость обуславливается снижением численности из-за вырубки среды обитания -сухостойных деревьев, также применения в сельском хозяйстве пестицидов наносит вред как непосредственно особям, так и кормовой базе.

Ковыль перистый (Stipa pennata) категория: 3 (редкий вид) – это многолетний плотнодерновинный злак. Его главная особенность — длинные (25–40 см) коленчато-изогнутые ости с серебристым опушением в верхней половине, напоминающие конское перо. Причин вымирания несколько, как и естественные (зарастание открытых мест) так и хозяйственная деятельность человека.

Прострел луговой (Pulsatilla pratensis) категория: 3 (редкий вид) – многолетник с прямостоячим стеблем высотой 7–40 см. Растет в сосновых лесах, опушках, песчаных склонах. На грани исчезновения из-за уничтожение естественной среды, а также потому что широко используются людьми для букетов.

Воронежский биосферный заповедник уникальный ООПТ также потому, что на его территории обитают реликтовые виды. Реликт - элемент биоты, который существует с древних эпох и сталкивается с противоречием собственных потребностей с современными условиями существования. Такие виды «живые ископаемые» их ценность в том, что они практически не изменились с прошлых геологических эпох. На территории заповеника встречаются следующие реликтовые виды.

Русская выхухоль (Desmana moschata) категория: 1 (вид, находящийся под угрозой исчезновения) – яркий представитель как реликтов (неогеновый реликт), так и эндемиков на территории заповедника. Имела широкий ареал обитания до того, как ее особый непромокаемый мех и мускусный запах не нашли применения в человеческом промысле. Сейчас под угрозой не только численность этого вида, но и ее естественное место обитания-полноводные реки из-за их загрязнения и строительства на них ГЭС.

Росянка круглолистная (Drosera rotundifolia) категория: 3 (редкий вид) – один из представителей малочисленных видов древнего рода насекомоядных растений, возраст которой, согласно молекулярно-филогенетическим данным, составляет около 36 миллионов лет, что согласуется с её статусом гляциального реликта.

Всего в мире произрастает 630 видов хищных растений, на просторах нашей страны встречается только 19 видов. Росянка уникальна еще в том, что он растет в рефугиуме – сфанговых болотах. Они являлись убежищем для росянки и других видов в период климатического стресса. Такой ландшафт более характерен для северных регионов, но не типичен для Воронежской области, где преобладают низинные болота.

Брусника (Vaccinium vitis-idaea) категория: 3 (редкий вид) – относиться к гляциальным реликтам особенна для Воронежской области тем, что здесь находиться на южной границе своего ареала.

Брусника (Vaccinium vitis-idaea) категория: 3 (редкий вид) — вечнозелёный кустарничек, относящийся к плейстоценовым (гляциальным) реликтам. В Воронежской области она находится на южной границе своего ареала, поэтому встречается лишь в немногих местообитаниях, одним из которых являются сфагновые болота и сосновые леса-брусничники на территории заповедника. Как и росянка, брусника сохранилась здесь с послеледникового периода, когда более холодный и влажный климат позволял бореальным видам занимать лесостепные районы. Её кожистые зимующие листья, ползучее корневище и способность микоризы усваивать питательные вещества на бедных кислых почвах — адаптации, выработанные в ходе длительной эволюции. Охрана брусники в заповеднике обеспечивается сохранением её специфических местообитаний — верховых болот и прилегающих сосновых лесов.

Заключение. Воронежский биосферный заповедник им. В.М. Пескова является уникальной особо охраняемой природной территорией, где сочетаются типичные лесостепные ландшафты и реликтовые экосистемы — сфагновые болота, старовозрастные сосновые леса, пойменные комплексы. Благодаря статусу биосферного резервата ЮНЕСКО (с 1985 г.) и многолетнему режиму заповедности здесь сохранились популяции 43 видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации.

В работе рассмотрены редкие и реликтовые виды, характерные для заповедника. Среди редких видов (категории 1–3 Красной книги Воронежской области) особого внимания заслуживают гигантская вечерница, орлан-белохвост, чёрный аист, пчела-плотник, ковыль перистый, прострел луговой, росянка круглолистная и брусника. Основные угрозы для них связаны с хозяйственной деятельностью человека: вырубкой старых дуплистых и

сухостойных деревьев, осушением болот, применением пестицидов, рекреационной нагрузкой и браконьерством.

Реликтовый компонент биоты заповедника представлен видами разного геологического возраста. Русская выхухоль — третичный (неогеновый) реликт, «живое ископаемое», сохранившееся с олигоцена. Росянка круглолистная и брусника — гляциальные (плейстоценовые) реликты, которые пережили ледниковые эпохи и сохранились в лесостепной зоне только в рефугиумах — сфагновых болотах и прилегающих сосновых борах. Сами сфагновые болота также являются реликтовыми ландшафтами, сформировавшимися в послеледниковый период (около 9–10 тыс. лет назад).

Воронежский биосферный заповедник выполняет ключевую роль в сохранении регионального биоразнообразия, служит убежищем для редких и реликтовых видов, а также является важной научной площадкой для мониторинга и изучения динамики популяций в условиях изменяющегося климата и антропогенного давления.

Список литературы

1. UNESCO. About the World Network of Biosphere Reserves / UNESCO. – URL : https://www.unesco.org/en/mab/wnrb/about (дата обращения: 21.03.2026).

2. Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области / В.А. Агафонов, Е.А. Стародубцева, В.В. Негробов [и др.]. – Воронеж : ООО «Цифровая полиграфия», 2019. − 440 с.

3. Венгеров П.Д. Орнитологические находки и наблюдения редких видов птиц в Воронежском заповеднике и на прилегающих территориях в 2012-2016 годах / П.Д. Венгеров // Русский орнитологический журнал. − 2021. − Т. 30, Экспресс-выпуск 2071. − С. 2377–2396.

4. Воронежский государственный природный биосферный заповедник : 2-е изд., перераб. и доп. / Воронеж, 2015. − 112 с.

5. Красная книга Воронежской области : в 2 т. / Правительство Воронеж. обл. Департамент природ. ресурсов и экологии Воронеж. обл.: 2-е изд., испр. и доп. − Воронеж : Центр духов. возрождения Черноозем. края, 2018-2019.

6. Саксонов С.В. Понятие о реликте в ботанической географии (к 130-летию со дня рождения Е.В. Вульфа) / С.В. Саксонов, С.А. Сенатор // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. − 2014. − Т. 16, № 5(1). − С. 270-274.

7. Стародубцева Е.А. Классификация растительности Воронежского заповедника / Е. А. Стародубцева, Л. Г. Ханина // Растительность России. − 2009. − № 15. − С. 36-57.

8. Стародубцева Е. А. Сосудистые растения. Флора Воронежского заповедника / Е. А. Стародубцева // Флора и фауна заповедников. − М., 1999. − Вып. 78. − С. 5-96.

References

1. UNESCO. About the World Network of Biosphere Reserves / UNESCO. – URL: https://www.unesco.org/en/mab/wnrb/about (date of access: 21.03.2026).

2. Cadastre of vascular plants protected in the Voronezh Region / V.A. Agafonov, E.A. Starodubtseva, V.V. Negrobov [et al.]. – Voronezh: OOO Digital Printing, 2019. – 440 p.

3. Vengerov P.D. Ornithological finds and observations of rare bird species in the Voronezh Nature Reserve and adjacent territories in 2012-2016 / P.D. Vengerov // Russian Ornitological Journal. − 2021. − Vol. 30, Express-issue 2071. − Pp. 2377–2396.

4. Voronezh State Nature Biosphere Reserve: 2nd edition, revised and enlarged / Voronezh, 2015. − 112 p.

5. The Red Data Book of the Voronezh Region: in 2 volumes / Government of the Voronezh Region. Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh Region: 2nd edition, revised and enlarged. − Voronezh: Center for the Spiritual Revival of the Black Earth Region, 2018–2019.

6. Saksanov S.V. The Concept of a Relic in Botanical Geography (on the 130th Anniversary of the Birth of E.V. Wulf) / S.V. Saksanov, S.A. Senator // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. − 2014. − Vol. 16, No. 5(1). − P. 270-274.

7. Starodubtseva E.A. Classification of vegetation of the Voronezh Reserve / E.A. Starodubtseva, L.G. Khanina // Vegetation of Russia. − 2009. − No. 15. − P. 36-57.

8. Starodubtseva E.A. Vascular plants. Flora of the Voronezh Reserve / E.A. Starodubtseva // Flora and fauna of reserves. − Moscow, 1999. − Issue. 78. − P. 5-96.

УДК 58.006

DOI: 10.58168/EnvPr2026_254-257

РОЛЬ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ В СОХРАНЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

THE ROLE OF BOTANICAL GARDENS IN PRESERVING BIODIVERSITY

Павлова К.И., студент 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Балаба В.С., студент 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Пелих А.Н., студент 3 курса Лесного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Моисеева Е.В., к.б.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Pavlova K.I., 3rd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Balaba V.S., 3rd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Pelikh A.N., 3rd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Moiseeva E.V., PhD, Associate Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Данная работа посвящена роли ботанических садов в сохранении биоразнообразия в условиях современного экологического кризиса. В статье рассматриваются основные проблемы и задачи сохранения исчезающих видов растений, включая деградацию естественных экосистем, вызванную изменением климата, активную урбанизацию и антропогенное воздействие на природные сообщества. Авторы подчёркивают, что растительные ресурсы являются первоочередными компонентами биосферы, так как они участвуют во многих важных процессах. Описана деятельность ботанических садов на примере сохранения семян. Особое внимание уделяется методам формирования резервных популяций редких видов, а также региональным стратегиям сохранения флоры в условиях лесостепной зоны. Затрагиваются вопросы борьбы с инвазивными видами и повышения устойчивости биоценозов. Подробно анализируется роль коллекций ботанических садов как современной практики сохранения и изучения разнообразия растительного мира. Подчёркивается важность просветительской работы с подрастающим поколением и волонтёрским проектам. Исчезновение видов представляет собой серьёзную угрозу устойчивому развитию планеты, поэтому в заключение обосновывается колоссальная роль ботанических садов как стратегических научных и природоохранных центров, от эффективности которых зависит, сохранятся ли природные богатства для будущих поколений.

Abstract. This work focuses on the role of botanical gardens in preserving biodiversity in the context of the current environmental crisis. The article explores the main challenges and objectives of preserving endangered plant species, including the degradation of natural ecosystems caused by climate change, active urbanization, and

© Павлова К. И., Балаба В. С., Пелих А. Н., Моисеева Е. В., 2026

anthropogenic impact on natural communities. The authors emphasize that plant resources are crucial components of the biosphere, as they play a significant role in various important processes. The article provides an overview of the activities of botanical gardens, focusing on the preservation of seeds. Special attention is paid to the methods of forming reserve populations of rare species, as well as to regional strategies for preserving flora in the forest-steppe zone. The issues of combating invasive species and increasing the stability of biocenoses are addressed. The role of botanical garden collections as a modern practice for preserving and studying the diversity of the plant world is analyzed in detail. The importance of educational work with the younger generation and volunteer projects is emphasized. The disappearance of species poses a serious threat to the sustainable development of the planet, which is why the article concludes by emphasizing the crucial role of botanical gardens as strategic scientific and conservation centers, whose effectiveness determines whether natural resources will be preserved for future generations.

Ключевые слова: ботанические сады, биоразнообразие, исчезающие виды, сохранение видов, научные центры, охрана природы.

Keywords: botanical gardens, biodiversity, endangered species, species conservation, scientific centers, nature conservatio.

Долгое время ботанические сады воспринимались преимущественно как живые коллекции и зоны отдыха людей. Однако в последние десятилетия их функционал кардинально преобразился: они всё активнее принимают участие в глобальных природоохранных инициативах. В 21 веке люди стали осознавать, что экологический кризис достиг значительных масштабов. Естественные экосистемы деградируют в следствие изменения климатических условий, происходит постоянная урбанизация, которая оказывает значительное влияние на состояние окружающей среды и биоразнообразие. Сохранение и защита генофонда всей планеты - это очень трудный и важный процесс, который является приоритетной миссией. Именно поэтому сегодня ведущие ботанические сады функционируют как стратегические научные центры, принимающие на себя такую ответственность [2]. Проводимые на их базе исследования охватывают широкий спектр дисциплин. На сегодняшний день насчитывается более 3600 ботанических садов по всему миру.

Биоразнообразие представляет собой совокупность всех форм жизни на Земле, которая рассматривается с самых низших уровней до уровней экосистем. Растительные ресурсы являются первоочередными и важными компонентами, так как они формируют среду обитания для других организмов, принимают участие в круговороте веществ и обеспечивают человечество (пища, лекарства, кислород и другое). Научные деятели в настоящее время располагают тревожными цифрами, которые характеризуют состояние растительного мира планеты.

Время от времени ученые искали пути для создания видов, дублирующих оригинал. В конечном итоге было разработано два метода, которые непосредственно оказывают

влияние друг на друга. Первый заключается в сохранении вида в искусственно созданных условиях (зоопарки, питомники и другие), где главной целью является поддержание здоровья и размножение особей, чтобы позже вернуть их в природу. Второй - это охрана в природе с последующим восстановлением численности. Здесь происходит защита вида в его естественной среде обитания.

Длительное сохранение семян - трудный и длительный процесс, для его реализации требуется комплексной стратегии, которая выходит далеко за рамки простого складирования. Деятельность ботанических садов, в данном случае, заключается в создании семенных банков [3]. Здесь семена проходят ряд стадий, в результате чего их тщательно высушивают и хранят при низких температурах на протяжении долгого времени. Тем не менее, ни один из альтернативных методов не способен полностью заменить живое растение. Именно поэтому ботанические сады продолжают культивировать редкие виды, накапливают информацию при помощи фенологических наблюдений, что в совокупности позволяет не только сохранить генотип, но и детально изучать биологию вида в регулируемых условиях: его требования к почве, влажности,симбионтам и опылителям. Без этих знаний любая попытка вернуть растение в природную среду обречена на провал. Серьёзную угрозу биоразнообразию представляют инвазивные виды (вселенцы), которые способны подавлять местную флору и фауну. Но благодаря собранным материалам, с помощью которых можно ознакомиться с деятельностью видов интродуцентов, эксперты могут вовремя предпринять меры по борьбе с их распространением [1]. Ботанические сады активно принимают участие в проектах по генетической паспортизации видов. Такая работа способствует уточнению систематики и позволяет эффективно бороться с браконьерством. Ботанические сады - это непрерывна нить между человеком и наукой. Несомненно, основным компонентом в сохранении окружающей среды является общество. Особое внимание должно уделяться просветительской работе с подрастающем поколением, поддерживаться волонтерские мероприятия.

Природа способна самовосстанавливаться благодаря взаимодействию биологических, химических и физических механизмов. Но если проанализировать с какой скоростью и насколько рационально человечество в наше время потребляет имеющиеся ресурсы, то можно сделать вывод, что это уже во много раз превышает регенеративные возможности биосферы. Поэтому ботанические сады имеют колоссальное значение для нашей планеты. От их их эффективности и целесообразности зависит, увидят ли наши потомки все те природные «дары», которые мы сегодня ещё можем спасти.

Список литературы

1. Воронин А. А. К вопросу о повышении экологической и биологической устойчивости биоценозов ботанических садов и дендропарков в условиях лесостепного региона / А. А. Воронин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 2. – С. 87–92. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-povyshenii-ekologicheskoi-i-biologicheskoi-ustoi-chivosti-biotsenozov-botanicheskih-sadov-i-dendroparkov-v-usloviyah (дата обращения: 06.05.2026)

2. Воронин А. А. Лесостепные ботанические сады: общая стратегия сохранения биоразнообразия региональных флор / А. А. Воронин // Экосистемы. – 2018. – № 16 (46). – С. 12–17. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/lesostepnye-botanicheskie-sady-obschaya-strategiya-sohraneniya-bioraznoobraziya-regionalnyh-flor (дата обращения: 01.05.2026).

3. Молканова О. И. Генетические банки растений в ботанических садах России / О. И. Молканова // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2014. – № 3. – С. 25–31. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskie-banki-rasteniy-v-botanicheskih-sadah-rossii (дата обращения: 12.04.2026).

References

1. Voronin, A. A. “On Improving the Ecological and Biological Sustainability of Biocenoses in Botanical Gardens and Arboretums in the Forest-Steppe Region” [in Russian]. Voronezh State University Bulletin. Series: Geography. Geoecology. 2016, no. 2, pp. 87–92. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-povyshenii-ekologicheskoi-i-biologicheskoi-ustoi-chivosti-biotsenozov-botanicheskih-sadov-i-dendroparkov-v-usloviyah (accessed 6 May 2026)

2. Voronin, A. A. “Forest-Steppe Botanical Gardens: A General Strategy for Conserving the Biodiversity of Regional Floras” [in Russian]. Ecosystems. – 2018. – No. 16 (46). – P. 12–17. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/lesostepnye-botanicheskie-sady-obschaya-strategiya-sohraneniya-bioraznoobraziya-regionalnyh-flor (date of access: 01.05.2026).

3. Molkanova O. I. Plant gene banks in botanical gardens of Russia / O. I. Molkanova // Bulletin of the Main Botanical Garden. – 2014. – No. 3. – P. 25–31. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskie-banki-rasteniy-v-botanicheskih-sadah-rossii (date of access: 12.04.2026).

УДК 630*181

DOI: 10.58168/EnvPr2026_258-262

КРАСНАЯ КНИГА: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, ПРИНЦИПЫ ВЕДЕНИЯ И КАТЕГОРИИ РЕДКОСТИ

THE RED DATA BOOK: HISTORY OF ESTABLISHMENT, MAINTENANCE PRINCIPLES AND RARITY CATEGORIES

Потрашкова В.В., студентка 2 курса Лесного факультета, направление подготовки «Государственное управление лесами» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Potrashkova V.V., 2nd-year student of the Faculty of Forestry, majoring in "Public Forest Management", Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Аннотация: В статье рассматривается эволюция систем категорий редкости в Красных книгах от первых изданий МСОП до современной российской практики. Анализируются этапы развития классификации: от двух категорий (1963 г.) до пяти категорий (1966-1972 гг.). Описываются структура и категории Красной книги СССР 1977 и 1984 годов. Особое внимание уделяется реформе 1994 года, ознаменовавшей переход от субъективных экспертных оценок к количественным критериям. Рассматриваются современные проблемы российской практики, включая методологические противоречия и отсутствие унификации в региональных Красных книгах.

Abstract: The article examines the evolution of rarity category systems in Red Data Books from the first IUCN editions to modern Russian practice. The stages of classification development are analyzed: from two categories (1963) to five categories (1966-1972). The structure and categories of the Red Data Books of the USSR (1977 and 1984) are described. Special attention is paid to the 1994 reform, which marked the transition from subjective expert assessments to quantitative criteria. Current problems of Russian practice, including methodological contradictions and lack of unification in regional Red Data Books, are considered.

Ключевые слова: Красная книга, МСОП, категории редкости, редкие виды, исчезающие виды, Красная книга СССР, Красная книга РФ, количественные критерии, экспертные оценки, охрана природы, биоразнообразие.

Keywords: Red Data Book, IUCN, rarity categories, rare species, endangered species, Red Data Book of the USSR, Red Data Book of the Russian Federation, quantitative criteria, expert assessments, nature conservation, biodiversity.

Инициатива создания Красной книги принадлежит Международному союзу охраны природы, который в 1949 году сформировал Комиссию по редким видам. Первое издание Красной книги МСОП вышло в свет в 1963 году. В состав Комиссии входили 15 ведущих учёных мира, которые на основе экспертных оценок отобрали для включения в книгу 312 видов и подвидов птиц. На этом этапе использовалось всего две категории: виды,

© Потрашкова В. В., 2026

находящиеся под угрозой исчезновения (их помещали на красные листы), и редкие виды (белые листы). Такая упрощённая система отражала начальный этап работы - приоритетом было зафиксировать сам факт существования проблемы, а не разрабатывать детальную градацию угроз [3].

Второе издание Красной книги МСОП (1966-1971 гг.) ознаменовалось существенным развитием классификации. Количество экспертов, вовлечённых в работу, увеличилось до 100 человек, были созданы рабочие группы по отдельным систематическим группам животных. Во второй том вошёл 341 вид птиц, распределённый уже по пяти категориям статуса [3]:

Находящиеся под угрозой исчезновения - виды, быстро сокращающиеся в численности, спасение которых невозможно без специальных мер охраны (красные листы);

Сокращающиеся - виды, численность которых продолжает быстро и неуклонно снижаться, но которые пока ещё встречаются в количествах, достаточных для выживания (жёлтые листы);

Редкие - виды, не находящиеся под непосредственной угрозой, но встречающиеся в малом количестве или на ограниченных территориях (белые листы);

Неопределённые - малоизученные виды, для которых недостаток информации не позволяет достоверно оценить состояние их популяций (серые листы);

Восстановленные - виды, спасённые от вымирания благодаря принятым мерам охраны (зелёные листы).

Важной особенностью этой системы было цветовое кодирование страниц, которое позволяло быстро идентифицировать статус вида при работе с книгой. Третье издание (с 1972 года) сохранило те же категории, но число включённых видов и подвидов птиц увеличилось до 619 [3].

Первое издание Красной книги СССР было сдано в производство в октябре 1977 года. Интересно, что уже на этапе её завершения ведущие специалисты - Е.Е. Сыроечковский и В.Е. Флинт - отмечали необходимость немедленного начала подготовки второго издания, подчёркивая, что «завершение работы над Красной книгой СССР не означает конца работы в целом» [3].

Структура первого издания Красной книги СССР разделялась на две части: первая была посвящена животным, вторая - растениям. Однако если для животных использовалась развёрнутая система рубрик (название и систематическое положение, географическое распространение, характеристика местообитаний, численность в природе, причины изменения численности, принятые и необходимые меры охраны), то для растений применялась предельно упрощённая шкала из всего двух категорий: «виды, находящиеся под угрозой исчезновения» (категория А) и «редкие виды» (категория Б). В категорию А были

прежде всего занесены виды, уже вошедшие в Красную книгу МСОП и обитавшие на территории СССР [3].

Всего в первое издание Красной книги СССР было включено 62 вида и подвида млекопитающих, 63 вида птиц, 8 видов земноводных и 21 вид пресмыкающихся. Важно отметить, что сама по себе Красная книга СССР не имела силы государственного юридического акта, однако занесение в неё вида означало установление запрета на его добывание и возлагало на государственные органы обязательства по охране вида и его местообитаний. Таким образом, она выступала основой для законодательной защиты редких видов [3].

Второе издание Красной книги СССР (1984 год) стало значительным шагом вперёд в развитии системы категорий редкости. В отличие от первого издания, здесь было выделено пять категорий статуса, формулировки которых практически заимствовались из третьего издания Красной книги МСОП [3]:

I категория - виды, находящиеся под угрозой исчезновения, спасение которых невозможно без осуществления специальных мер;

II категория - виды, численность которых ещё относительно высока, но сокращается катастрофически быстро;

III категория - редкие виды, которые встречаются в небольшом количестве или на ограниченных территориях;

IV категория - малоизученные виды, недостаток сведений о которых не позволяет отнести их к первым категориям;

V категория - восстановленные виды, состояние которых не вызывает более опасений.

Расширился и спектр охваченных таксонов: во второе издание вошли не только наземные позвоночные, но также рыбы, членистоногие, моллюски и кольчатые черви. Красная книга растений была опубликована отдельным томом. Всего в издание было занесено 223 таксона, включая виды, подвиды и популяции. Эта система категорий, собравшая значительный материал по биологии редких видов, в значительной степени легла в основу последующих республиканских красных книг и Красной книги Российской Федерации [3].

К концу 1980-х годов в научном сообществе назрело понимание необходимости пересмотра существующей системы категорий. Главная проблема заключалась в том, что экспертные оценки, лежавшие в основе присвоения статусов, были по своей природе субъективными. В 1989 году Комиссия по редким видам МСОП инициировала ревизию системы, которая завершилась в 1994 году принятием новых категорий и критериев, рекомендованных Советом МСОП в качестве международного стандарта [6].

Основными задачами при разработке новой системы стали: обеспечение чётко очерченных метрических и объективных рамок для классификации видов по степени риска вымирания; уточнение объективности используемых критериев; создание системы, позволяющей сравнивать разные по объёму таксоны [6].

Структурную основу новой системы образуют четыре блока [6]:

Первый блок - виды, находящиеся под непосредственной угрозой вымирания (Threatened), разделённый на три категории: находящиеся в критическом состоянии (CR), исчезающие (EN) и уязвимые (VU).

Второй блок - виды низкого риска (Low Risk), также разделённый на три категории: зависящие от мер охраны (CD), близкие к уязвимым (NT) и виды минимального риска (LC).

Третий блок - вымершие виды (Extinct) и вымершие в природе (Extinct in the Wild).

Четвёртый блок - виды с неопределённой категорией (Data Deficient) и неоценённые (Not Evaluated).

Ключевым нововведением стали количественные подкритерии для отнесения видов к категориям CR, EN и VU. Они основаны на таких показателях, как сокращение численности популяции в процентах за определённый период времени (10 лет или три поколения), площадь ареала, количество взрослых особей в популяции и количественная оценка вероятности исчезновения в природе. Например, для отнесения вида к категории «Находящийся под критической угрозой» требуется сокращение численности более чем на 80% за три поколения, площадь ареала менее 100 км² или численность популяции менее 250 взрослых особей [6].

В Российской Федерации в настоящее время используется комбинированная система, включающая три классификации видов: традиционную (по степени редкости), классификацию по степени угроз исчезновения (по системе МСОП) и классификацию по приоритетам природоохранных мер. Традиционная система включает шесть категорий: 0 - вероятно исчезнувшие, 1 - находящиеся под угрозой исчезновения, 2 - сокращающиеся в численности, 3 - редкие, 4 - неопределённые по статусу, 5 - восстанавливаемые [4].

Однако, как отмечает В.Ю. Ильяшенко из Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, совмещение статусов редкости и угроз исчезновения приводит к методологическим противоречиям. Критерии определения традиционных статусов редкости остаются субъективными, что, по мнению исследователя, «значительно расширяет списки видов, не нуждающихся в специальных мерах охраны, а также делает невозможным сопоставление красных книг даже сопредельных территорий» [1].

Особенно остро эта проблема проявляется на региональном уровне. В красных книгах субъектов Российской Федерации используется более 160 вариантов определения статуса

редкости. Это связано с произвольным выбором критериев оценки редких видов и отсутствием общепринятого понимания целей и задач создания красных книг. Как следствие, становится невозможным формальное сопоставление категорий видов в региональных красных книгах и их соответствие Красной книге Российской Федерации [1].

ГОСТ Р 59783-2021 закрепляет систему из девяти категорий, гармонизированную с международными подходами: «исчезнувшие», «исчезнувшие в дикой природе», «находящиеся в критическом состоянии», «исчезающие», «уязвимые», «находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому», «вызывающие наименьшие опасения», «недостаточно изученные» и «неоценённые» [5]. Приложение Б к данному ГОСТу содержит подробную таблицу соотношения категорий, применяемых в различных системах, что позволяет унифицировать подходы при ведении красных книг разного уровня [5].

Список литературы

1. Ильяшенко В.Ю. Проблемы и перспективы ведения Красных книг // Российский журнал прикладной экологии. 2025. № 3. С. 23-26.

2. Ильяшенко В.Ю. Принципы составления Каталога редких птиц и Красной книги Российской Федерации // Союз охраны птиц России.

3. Красная книга СССР. 2-е изд. М., 1984.

4. Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология. — М.: Роскартография, 2004.

5. ГОСТ Р 59783-2021. Охрана окружающей среды. Биологическое разнообразие. Критерии оценки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов. — М.: Стандартинформ, 2021.

6. Xie Y. Progress and application of IUCN Red List of Threatened Species // Biodiversity Science. 2022. Vol. 30. № 10. P. 22445-22452.

References

1. Ilyashenko V.Y. Problems and Prospects of Maintaining Red Data Books // Russian Journal of Applied Ecology. 2025. No. 3. P. 23–26.

2. Ilyashenko V.Y. Principles for Compiling the Catalogue of Rare Birds and the Red Data Book of the Russian Federation // Birds Conservation Russia (Union for Bird Conservation of Russia).

3. Red Data Book of the USSR. 2nd ed. Moscow, 1984.

4. National Atlas of Russia. Vol. 2. Nature. Ecology. Moscow: Roskartografiya, 2004.

5. GOST R 59783-2021. Environmental Protection. Biological Diversity. Criteria for Assessing Rare and Endangered Species of Animals, Plants, and Fungi. Moscow: Standartinform, 2021.

6. Xie Y. Progress and Application of the IUCN Red List of Threatened Species // Biodiversity Science. 2022. Vol. 30. No. 10. P. 22445–22452.

УДК 582.594.2 (581.9)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_263-273

СЕМЕЙСТВО ЯТРЫШНИКОВЫЕ (ORCHIDACEAE) БАССЕЙНА РЕКИ ХОПЕР И ИХ ОХРАНА

ORCHIDACEAE FAMILY OF THE KHOPÖR RIVER BASIN AND THEIR PROTECTION

Семенова Н.Ю., доцент факультета математики и естественных наук, Балашовского института (филиала) ФГБОУ ВО "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского", Балашов, Россия

Меркулова Е.К., доцент факультета математики и естественных наук, Балашовского института (филиала) ФГБОУ ВО "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского", Балашов, Россия

Володченко А.Н., доцент факультета математики и естественных наук, Балашовского института (филиала) ФГБОУ ВО "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского", Балашов, Россия

Semenova N.Yu., Associate Professor, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Balashov Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky", Balashov, Russia

Merkulova E.K., Associate Professor, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Balashov Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky", Balashov, Russia

Volodchenko A.N., Associate Professor, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Balashov Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky", Balashov, Russia

Аннотация: Семейство Орхидные (Orchidaceae) является одним из самых крупных и в то же время наиболее уязвимых семейств цветковых растений. Проведен анализ видового разнообразия и распространения ятрышниковых в бассейне реки Хопер в 5 регионах Европейской России (Тамбовская, Пензенская, Воронежская, Саратовская и Волгоградская области). Всего в изучаемом районе найдено 22 вида Ятрышниковых: Тамбовская область – 8 видов, Пензенская область – 11 видов, Воронежская область – 12 видов, Саратовская область – 11 видов, Волгоградская область – 11 видов. В пределах бассейна произрастают 6 видов, включенных в Красную книгу Российской Федерации: *Cypripedium calceolus, Liparis loeselii, Anacamptis laxiflora, A. coriophora, Orchis militaris, Neotinea ustulata*. В Тамбовской области охраняется 6 видов, в Пензенской области – 8, в Воронежской области – 9, в Саратовской области – 7, в Волгоградской области – 6. ООПТ играют высокое значение для охраны Orchidaceae Прихоперья. В Воронинском заповеднике (Тамбовская область) отмечено 8 видов, в Хоперском заповеднике (Воронежская область) – 9, в Нижнехоперском природном парке (Волгоградская область) 11 ятрышниковых, Необходимо проектирование и создание ООПТ для охраны редких и исчезающих орхидных.

Abstract: The Orchidaceae family is one of the largest and, at the same time, most vulnerable families of angiosperms. An analysis of the species diversity and distribution of Orchids in the Khoper River basin in five regions of European Russia (Tambov, Penza, Voronezh, Saratov, and Volgograd Oblasts) was conducted. A total of 22 Orchids

© Семенова Н. Ю., Меркулова Е. К., Володченко А. Н., 2026

were found in the study area: Tambov Oblast – 8 species, Penza Oblast – 11 species, Voronezh Oblast – 12 species, Saratov Oblast – 11 species, Volgograd Oblast – 11 species. Six species included in the Red Data Book of the Russian Federation grow within the basin: *Cypripedium calceolus*, *Liparis loeselii*, *Anacamptis laxiflora*, *A. coriophora*, *Orchis militaris* and *Neotinea ustulata*. 6 species are protected in the Tambov Region, 8 in the Penza Region, 9 in the Voronezh Region, 7 in the Saratov Region, and 6 in the Volgograd Region. Protected areas play a key role in protecting the Orchidaceae of the Khoperye region. 8 species have been recorded in the Voroninsky Nature Reserve (Tambov Region), 9 in the Khopersky Nature Reserve (Voronezh Region), and 11 in the Nizhnehopersky Nature Park (Volgograd Region). Designing and establishing protected areas is essential for the protection of rare and endangered Orchidaceae.

Ключевые слова: орхидеи, флористический список, сохранение биоразнообразия, редкие виды, охраняемые природные территории, Центрально-Черноземный регион, Поволжье.

Keywords: orchids, floristic list, biodiversity conservation, rare species, protected natural areas, Central Black Earth Region, Volga region.

Семейство ятрышниковые (Orchidaceae) включает много таксонов с узкой экологической амплитудой и неустойчивых к нарушениям местообитаний, в средней полосе России за последние десятилетия более чем половина видов сократила ареалы [8, 14]. В связи с этим многие орхидные включены в Красные книги разного уровня, для ряда видов сведения о встречах имеют 80-120-летнюю давность и они считаются исчезающими или исчезнувшими.

Бассейн реки Хопер занимает юго-восточную часть Окско-Донской низменности, он занимает периферийные части пяти регионов Европейской части России: Тамбовской, Пензенской, Воронежской, Саратовской и Волгоградской. Ландшафты Прихоперья значительно преобразованы человеком, но то же время, в Прихоперье имеется три заповедника: Воронинский, Хоперский, часть участков заповедника Приволжская лесостепь и природный парк Нижнехоперский. Большинство орхидных, произрастающих в этих регионах, включено в региональные Красные книги [20-22, 24, 25], а ряд видов охраняется на федеральном уровне [23].

В настоящей статье представлено обобщение имеющихся данных по видовому составу ятрышниковых Прихоперья с предварительным анализом их состояния и охраняемого статуса. Ниже приводится аннотированный список с указанием регионов (слово "область» опущено), литературных источников и собственных данных.

Венерин башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* L. Пензенская [6, 7, 22].

Дремлик темно-красный – *Epipactis atrorubens* (Hoffm.ex Bernh.) Bess. Пензенская [6, 7, 22], Саратовская [30], Волгоградская [2, 20, 30].

Дремлик широколистный – *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. Тамбовская [5, 11, 19], Пензенская [7, 11], Воронежская [15, 17, 21, 31], Саратовская [12, 18, 30], Волгоградская

[2, 20, 30]. Вид указывается для среднего течения Хопра в границах Саратовской и Воронежской областей в работе А.И. Золотухина с соавторами [16], но без конкретных указаний региона.

Дремлик болотный – *Epipactis palustris* (L.) Crantz. Тамбовская: указания для Инжавинского района в первом издании Красной книги Тамбовской области не подтверждено [11, 26], Пензенская [6, 7, 22], Воронежская [17, 21, 31], Саратовская [30].

Тайник яйцевидный – *Listera ovata* (L.) R. Br. Тамбовская [5, 6, 11, 19, 25, 26], Воронежская [9, 17, 31], Саратовская [30].

Гнездовка настоящая – *Neottia nidus-avis* (L.) Rich. Тамбовская [5, 11, 19, 25], Воронежская [15, 17, 21, 31], Саратовская [18, 30].

Пальчатокоренник кровавый – *Dactylorhiza cruenta* (O.F. Muell.) Soó. Воронежская [17, 21, 31].

Пальчатокоренник Фукса – *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó. Тамбовская [5], Пензенская [6, 11], Саратовская [30], Волгоградская [2, 20, 30].

Пальчатокоренник мясокрасный – *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó. Тамбовская [5, 19, 25, данные авторов], Пензенская [6, 11, 22], Воронежская [17, 21, 31], Саратовская [1, 13, 18, 24, 28, 30, данные авторов], Волгоградская [2, 20, 30].

Пальчатокоренник светложелтый – *Dactylorhiza ochroleuca* (Wustn. ex Boll.) Holub. Волгоградская [2, 3]. Таксономический статус *D. ochroleuca* остается дискуссионным, вид часто не выделяют из полиморфного комплекса *D. incarnata* s. l. [8], но некоторые исследования показывают существенные различия по генетическим данным [29].

Пальчатокоренник пятнистый – *Dacthylorhiza maculata* (Li.) Soo. Пензенская [22], Саратовская [30].

Кокушник длиннорогий – *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. Тамбовская [19], Саратовская [18].

Бровник одноклубневый – *Herminium monorchis* (L.) R. Br. Пензенская [6, 7, 22], Саратовская [13, 18, 30].

Анакампис клопоносный (Ятрышник клопоносный) – *Anacamptis coriophora* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase. Волгоградская [2].

Анакампис рыхлоцветковый (Ятрышник болотный) – *Anacamptis laxiflora* (Lam.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W.Chase. Воронежская [17], Волгоградская [2, 20, 30].

Ятрышник шлемовидный или шлемоносный – *Orchis militaris* L. Тамбовская [5, 6, 11, 19, 25, 26], Воронежская, [17, 21, 31], Саратовская [28], Волгоградская [2].

Неотинея обожженная (Ятрышник обожженый) – *Neotinea ustulata* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase. Тамбовская: указание Васюковым В.М. [5] для ВГПЗ

соответственно, Тамбовского Прихоперья, не имеет подтверждения [11, 25], Пензенская [6, 7, 11, 22].

Любка двулистная – *Platanthera bifolia* (L.) Rich. Тамбовская [5, 11, 19, 25], Пензенская [11], Воронежская [11, 15, 17, 21, 31], Саратовская [30, данные авторов], Волгоградская [2, 20, 30].

Любка зеленоцветковая – *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb. Волгоградская [2, 20, 30]. Для Нехаевского района Волгоградской области (окр. х. Краснов) указывается любка гибридная *Platanthera hybrida* Bruegg. – гибрид *P. bifolia* x *P . chlorantha* [2]

Хаммарбия болотная – *Hammarbya paludosa* (L.) Kuntze. Воронежская [10, 17, 21, 31].

Лосняк Лёзеля – *Liparis loeselii* (L.) Rich. Пензенская [6, 7, 22], Воронежская [17, 21, 27, 31], Волгоградская [20].

Ладьян трехнадрезный – *Corallorhiza trifida* Chatel. Тамбовская: указание Васюковым В.М. [5] для ВГПЗ и, соответственно, Тамбовского Прихоперья, ошибочно [11, 25], Воронежская [17, 21, 27, 31].

Траншель В.А. для имения Пады Нарышкина В.Л. (Балашовский район Саратовской области) указывает *Orchis latifolia* L. с пометкой "…в лесах…" [12], но конкретный вид установить не удалось.

В Прихоперье за все время ботанических исследований регистрировалось 22 вида ятрышниковых. Для Тамбовской части Хоперского бассейна указывается произрастание 8 видов, исключая три неподтвержденных вида, для Пензенской области – 11, для Воронежской области – 12, для Саратовской области – 11, для Волгоградской – 11. Таким образом в пределах каждого из административных регионов встречается не более половины флоры семейства изучаемой территории.

Наиболее распространенными являются *Neottia nidus-avis, Epipactis helleborine, Platanthera bifolia, Dactylorhiza incarnata*. Большинство видов указываются только для 2-3 областей. Ряд видов указывается только для одной области, что может объясняться слабой изученностью ятрышниковых Прихоперья или нахождением вида на границе ареала. Некоторые виды известны исключительно по старым указаниям 50-100-летней и более давности, существование популяций в настоящее время сомнительно.

На территории ООПТ высокого ранга охраняется существенное разнообразие ятрышниковых. В Воронинском заповеднике отмечено 8 видов, *Gymnadenia conopsea* обнаружен только в 2021 году, все виды регистрируются регулярно (за исключением *G. conopsea*), состояние популяций удовлетворительное или хорошее [19]. В Хоперском заповеднике отмечено 9 видов, а с учетом прилегающих территорий – 11 видов. По

сообщению Нескрябиной Е.С., многие годы работавшей научным сотрудником заповедника, состояние популяций неудовлетворительное, в некоторых местообитаниях популяции не регистрировались долгое время. *Orchis militaris* вероятно исчез на территории заповедника [17]. В Нижнехоперском природном парке отмечено 11 видов ятрышниковых, все регистрации относятся к XXI веку [2, 3]. Эти данные позволяют сделать вывод о высокой природоохранной значимости ООПТ Прихоперья, на которых встречается большая часть видов семейства. Конечно же обстоятельные и многолетние исследования в пределах ООПТ способствуют выявлению множества видов. Например, в Пензенской и Саратовской областях в бассейне Хопра отсутствуют ООПТ высокого ранга, поэтому данные по орхидным разрозненные, динамика популяций не известна. Для этих регионов необходимо проектирование и создание ООПТ для охраны редких и исчезающих ятрышниковых регионального или даже федерального ранга.

Таблица – Присутствие в бассейне Хопра и охраняемый статус ятрышниковых в федеральной и региональной Красных книгах

Название	Регион					
	Россия	Тамбовская область	Пензенская область	Воронежская область	Саратовская область	Волгоградская область
Cypripedium calceolus	3	–/4	+/1	–/0	–/1	
Epipactis atrorubens			+/3	–/3	+/1	–/3в
E. helleborine				+/3	–/1	–/3г
E. palustris		–/3	+/0	+/2	+/1	–/3г
Listera ovata		+/3	+/3	–/1		
Neottia nidus-avis		+/3		+/2	+/3б	
D. cruenta		–/3		–/2	–/1	
D. fuchsii		–/3		–/1	+/1	+/3в
D. incarnata		+/3	+/3	+/2	+/1	
D. ochroleuca						
D. maculata			+/3			
Gymnadenia conopsea		+/4	–/2	–/0	+/1	
Herminium monorchis		–/4	+/1			
Anacamptis coriophora	2			–/0	–/1	+/3г
A. laxiflora	1			–/2	–/1	+/3г

Orchis militaris	3	+/3	–/1	+/1	+/1	–/3б
Neotinea ustulata	2		+/0		–/1	
Platanthera bifolia		+/3		+/3	+/1	+/3б
P. chlorantha		–/3	–/3	–/3		+/3г
Hammarbya paludosa		–/4		+/1	–/1	
Liparis loeselii	3	–/4		+/1		+/1в
Corallorhiza trifida		–/4	–/1	+/1		

Примечание: в ячейках таблицы знаками "+" и "–" обозначены присутствие или отсутствие вида в Прихоперье в пределах соответствующего региона; через косую черту указывается охраняемый статус вида; в столбце с данными из Красной книги России указывается только охраняемый статус. Виды, не включенные в Красную книгу России или региона не имеют обозначений в соответствующих ячейках.

Изучение охраняемого статуса ятрышниковых Прихоперья показало, что в пределах бассейна произрастают 6 видов, включенных в Красную книгу Российской Федерации: *Cypripedium calceolus, Liparis loeselii, Anacamptis laxiflora, A. coriophora, Orchis militaris, Neotinea ustulata* (таблица) [23]. Подлежат охране в Тамбовской области 6 видов, в Пензенской области – 8, в Воронежской области – 9, в Саратовской области – 7, в Волгоградской области – 6 видов [20-22, 24, 25]. Наименьшая опасность вымирания отмечена для *Platanthera bifolia*, *P. chlorantha*, большинства видов рода *Dactylorhiza* [4].

Среди отрицательных факторов, которые привели к исчезновению орхидных во многих местообитаниях указываются добыча торфа, мелиоративные работы, распашка земель, выпас скота, сплошные рубки, высокая рекреационная нагрузка и сбор населением, а также климатические изменения [8, 14, 17, 20-25]. Вместе с тем ряд видов способен заселять антропогенные местообитания, а снижение пастбищной нагрузки, оводнение болот и расширение площади искусственных лесных насаждений приводит к расселению некоторых видов на новые местообитания и росту численности [4, 8]. Поэтому первоочередную важность имеют работы по поиску и сохранению популяций, которые могут являться межрегиональными и учитывать существующие экологические коридоры для организации охраны и ООПТ.

Список литературы

1. Арушанян Г.С. Состояние ценопопуляций редких растений урочища "Большие мочажины" в Балашовском районе Саратовской области / Г.С. Арушанян, В.В. Шелоп, Е.Б. Смирнова // Поволжский экологический журнал. – № 4. – 2023. – С. 498-508.

2. Бялт В.В. Орхидеи низовьев Хопра / В.В. Бялт, В.А. Сагалаев. Г.А. Фирсов // Цветоводство. – 2008. – № 2. – С. 12-15.

3. Бялт В.В. Флористические находки в Нижнехопёрском природном парке Волгоградской области / В.В. Бялт, В.А. Сагалаев. Г.А. Фирсов // Вестник Волгоградского государственного университета. – 2011. – Серия 11. Естественные науки. – №1. – Вып. 1. – С. 15-22.

4. Варлыгина Т.И. Состояние охраны орхидных (Orchidaceae) Средней России / Т.И. Варлыгина // Охрана и культивирование орхидей: Материалы XII Международной научной конференции, Москва, 07–10 июня 2022 года. – Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. – 2022. – С. 48-53.

5. Васюков В.М. Сосудистые растения заповедника "Воронинский" (Тамбовская область) [Текст] // Фиторазнообразие Восточной Европы. - № 3. - 2007. - С. 102–147.

6. Васюков В.М. Редкие и нуждающиеся в охране растения верхней части бассейна реки Хопер / В.М. Васюков // Экосистемы. – 2016. – № 5. – Вып. 35. – С. 16-35.

7. Васюков В.М., Саксонов С.В. Конспект флоры Пензенской области / В.М. Васюков, С.В. Саксонов. – Тольятти: Анна, 2020. – 211 с.

8. Вахрамеева М.Г. Орхидные России (биология, экология и охрана) / М.Г. Вахрамеева, Т.И. Варлыгина, И.В. Татаренко. – М. : Товарищество научных изданий КМК. – 2014. - 437 с.

9. Володченко А.Н. Первая находка тайника яйцевидного в государственном природном заповеднике "Хоперский" (Воронежская область) / А.Н. Володченко, В.И. Щербакова // Научные труды Национального парка "Хвалынский": сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции, Хвалынск, 17-20 октября 2024 года. Выпуск 16. – Саратов – Хвалынск : Общество с ограниченной ответственностью "Амирит". - 2024. – С. 96-98.

10. Гришуткин О.Г. Флористические находки охраняемых видов сосудистых растений на болотах лесостепных регионов / О.Г. Гришуткин, Д.С. Щуряков, А.Р. Ямбушев, Д.А. Филиппов // Полевой журнал биолога. - 2023. – Т. 5. – Вып. 2. – С. 112-125.

11. Гудина А.Н. Редкие сосудистые растения бассейна Вороны: кадастр / А.Н. Гудина, Л.Е. Борисова. – Тамбов : ООО "ТПС". – 2018. – 228 с.

12. Имение Василия Львовича Нарышкина: Естественно-исторический очерк / В.В. Докучаев, П.А, Земятченский, А.А. Силантьев [и др.]. – СПб. : изд. В. Л. Нарышкина. – 1894. – 437 с.

13. Еленевский А.Г. Конспект флоры Саратовской области / А.Г. Еленевский, Ю.И. Буланый, В.И. Радыгина. – Саратов: издательский центр "Наука". – 2008. – 232 с.

14. Ефимов П.Г. Оценка динамики флоры орхидных (Orchidaceae: Magnoliophyta) России на основании сравнения материалов, накопленных до 1951 г. и в 1961–2010 гг / П.Г. Ефимов // Журнал общей биологии. – 2023. – Т. 84. – № 2. – С. 127-143.

15. Завидовская Т.С. К вопросу о редких растениях Теллермановского лесного массива // Проблемы мониторинга природных процессов на особо охраняемых природных территориях: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Хоперского государственного природного заповедника (пос. Варварино, Воронежская область, 20-23 сентября 2010г.). - Воронеж: ВГПУ. - 2010. – С. 39-43.

16. Антропогенная динамика структуры и биоразнообразия пойменных дубрав Среднего Прихоперья / А.И. Золотухин, А.А. Шаповалова, А.А. Овчаренко, М.А. Занина. – Балашов : Николаев. - 2010. -164 с.

17. Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области / В.А. Агафонов, Е.А. Стародубцева, В.В. Негробов [и др.]. – Воронеж : Цифровая полиграфия. - 2019. - 440 с.

18. Киреев Е.А. Семейство Orcidaceae Juss. в Саратовской области / Е.А. Киреев, О.В. Костецкий // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2006. – № 1. – С. 111-122

19. Кондрашова А.А. Семейство Orchidaceae во флоре заповедника "Воронинский" и его окрестностей / А.А. Кондрашова // Известия Воронежского отделения Русского ботанического общества: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию Воронежского отделения Русского ботанического общества (1921-2021), Воронеж, 15–17 ноября 2021 года. Вып. 8. – Воронеж : Воронежский государственный университет. - 2021. - С. 74-77.

20. Красная книга Волгоградской области. Книга в двух томах. 2-е изд., перераб. и доп. – Т. 2. Растения и другие организмы. – Воронеж : ООО "Издат-Принт". - 2017. - 268 с.

21. Красная книга Воронежской области. В 2 т. Т. 1 : Растения. Лишайники. Грибы. - Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края. - 2018. - 412 с.

22. Красная книга Пензенской области. Т. 1. Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения // Пенза: ОАО "Издательско-полиграфическое предприятие "Пенза". - 2013. - 300 с.

23. Красная книга Российской Федерации : 2-е офиц. изд. Растения и грибы. – Москва : ВНИИ "Экология". - 2024. - 944 с.

24. Красная книга Саратовской области. Грибы. Лишайники. Растения. Животные. - Саратов: Папирус. - 2021. - 496 с.

25. Красная книга Тамбовской области: Мхи, сосудистые растения, грибы, лишайники Изд. 2-е, перераб. и доп. - Тамбов: ООО "ТПС". - 2019. – 480 с.

26. Определитель сосудистых растений Тамбовской области / А.П. Сухоруков, С.А. Баландин, В.А. Агафонов [и др.]. – Тула : Гриф и К. - 2010. - 350 с.

27. Печенюк Е.В. Ветланды второй террасы реки Хопёр: история изучения и современное состояние / Е.В. Печенюк // Труды Хопёрского гос. заповедника. Вып. X. – Воронеж : Изд.-полиграф. центр "Научная книга". - 2016. - 203-233.

28. Смирнова Е.Б. Ресурсы лекарственных растений природных урочищ Среднего Прихопёрья / Е.Б. Смирнова, М.А. Занина, Б.Д. Шатаханов. – Саратов : Саратовский источник. - 2020. - 130 с.

29. Филиппов Е.Г. Генетическая структура популяций *Dactylorhiza ochroleuca* и *D. incarnata* (Orchidaceae) в зоне их совместного произрастания в России и Беларуси / Е.Г. Филиппова, Е.В. Андронова, О.Н. Козлова // Генетика. - 2017. - Т. 53. - № 6. - С. 675-686.

30. Флора Нижнего Поволжья. Т. 1. - М. : Т-во науч. изд. КМК. - 2006. - 435 с.

31. Цвелев Н.Н. Флора Хоперского государственного заповедника / Н.Н. Цвелев. - Л. : Наука. - 1988. - 191 с.

References

1. Arushanyan G.S. The state of cenopopulations of rare plants of the "Bolshie mochazhiny" tract in the Balashovsky district of the Saratov region / G.S. Arushanyan, V.V. Shelop, E.B. Smirnova // Povolzhsky Ecological Journal. - No. 4. - 2023. - P. 498-508.

2. Byalt V.V. Orchids of the lower reaches of the Khopra / V.V. Byalt, V.A. Sagalaev. G.A. Firsov // Floriculture. - 2008. - No. 2. - P. 12-15.

3. Byalt V.V. Floristic finds in the Nizhnekhopersky Nature Park of the Volgograd Region / V.V. Byalt, V.A. Sagalaev. G.A. Firsov // Bulletin of Volgograd State University. – 2011. – Series 11. Natural sciences. – No. 1. – Issue. 1. – P. 15-22.

4. Varlygina T.I. Orchidaceae Conservation Status in Central Russia / T.I. Varlygina // Orchid Conservation and Cultivation: Proceedings of the XII International Scientific Conference, Moscow, June 7–10, 2022. – Moscow: M.V. Lomonosov Moscow State University. – 2022. – P. 48-53.

5. Vasyukov V.M. Vascular Plants of the Voroninsky Nature Reserve (Tambov Region) [Text] // Phytodiversity of Eastern Europe. - No. 3. - 2007. - P. 102-147.

6. Vasyukov V.M. Rare and Protected Plants of the Upper Part of the Khoper River Basin / V.M. Vasyukov // Ecosystems. - 2016. - No. 5. - Issue. 35. - P. 16-35.

7. Vasyukov V.M., Saksanov S.V. Abstract of the Flora of the Penza Region / V.M. Vasyukov, S.V. Saksanov. - Tolyatti: Anna, 2020. - 211 p.

8. Vakhrameeva M.G. Orchids of Russia (biology, ecology and conservation) / M.G. Vakhrameeva, T.I. Varlygina, I.V. Tatarenko. – M.: KMK Scientific Publications Partnership. – 2014. - 437 p.

9. Volochenko A.N. The first find of an ovoid cache in the Khopersky State Nature Reserve (Voronezh Region) / A.N. Volochenko, V.I. Shcherbakova // Scientific works of the Khvalynsky National Park: collection of scientific articles from the XI International Scientific and Practical Conference, Khvalynsk, October 17-20, 2024. Issue 16. – Saratov - Khvalynsk: Amirit Limited Liability Company. - 2024. - P. 96-98.

10. Grishutkin O.G. Floristic finds of protected species of vascular plants in the swamps of forest-steppe regions / O.G. Grishutkin, D.S. Shchuryakov, A.R. Yambushev, D.A. Filippov // Field journal of a biologist. - 2023. – T. 5. – Issue. 2. – pp. 112-125.

11. Gudina A.N. Rare vascular plants of the Vorona basin: inventory / A.N. Gudina, L.E. Borisova. – Tambov: TPS LLC. – 2018. – 228 p.

12. The estate of Vasily Lvovich Naryshkin: Natural history essay / V.V. Dokuchaev, P.A., Zemyatchensky, A.A. Silantiev [and others]. - St. Petersburg. : ed. V. L. Naryshkina. - 1894. - 437 p.

13. Elenevsky A.G. Abstract of the flora of the Saratov region / A.G. Elenevsky, Yu.I. Bulany, V.I. Radygina. - Saratov: Publishing Center "Science". - 2008. - 232 p.

14. Efimov P.G. Assessment of the dynamics of the orchid flora (Orchidaceae: Magnoliophyta) of Russia based on a comparison of materials accumulated before 1951 and in 1961–2010 / P.G. Efimov // Zhurnal G. Biologii. - 2023. - Vol. 84. - No. 2. - P. 127-143.

15. Zavidovskaya T.S. On the Rare Plants of the Tellermanovsky Forest // Problems of Monitoring Natural Processes in Specially Protected Natural Areas: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 75th Anniversary of the Khopersky State Nature Reserve (Varvarino Settlement, Voronezh Region, September 20-23, 2010). - Voronezh: VSPU. - 2010. - P. 39-43.

16. Anthropogenic Dynamics of the Structure and Biodiversity of Floodplain Oak Forests of the Middle Khoper Region / A.I. Zolotukhin, A.A. Shapovalova, A.A. Ovcharenko, M.A. Zanina. - Balashov: Nikolaev. - 2010. -164 p.

17. Cadastre of Vascular Plants Protected in the Territory of the Voronezh Region / V.A. Agafonov, E.A. Starodubtseva, V.V. Negrobov [et al.]. – Voronezh: Digital printing. - 2019. - 440 p.

18. Kireev E.A. Family Orcidaceae Juss. in the Saratov Region / E.A. Kireev, O.V. Kostetsky // Phytodiversity of Eastern Europe. - 2006. - No. 1. - P. 111-122.

19. Kondrashova A.A. Family Orchidaceae in the flora of the Voroninsky Nature Reserve and its environs / A.A. Kondrashova // News of the Voronezh Branch of the Russian Botanical Society: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the Voronezh Branch of the Russian Botanical Society (1921-2021), Voronezh, November 15–17, 2021. Iss. 8. – Voronezh: Voronezh State University. - 2021. - Pp. 74-77.

20. The Red Data Book of the Volgograd Region. A book in two volumes. 2nd ed., revised and expanded. – Vol. 2. Plants and other organisms. – Voronezh: OOO "Izdat-Print". - 2017. - 268 p.

21. The Red Data Book of the Voronezh Region. In 2 volumes. Vol. 1: Plants. Lichens. Fungi. - Voronezh: Center for the Spiritual Revival of the Black Earth Region. - 2018. - 412 p.

22. The Red Data Book of the Penza Region. Volume 1. Fungi, lichens, mosses, vascular plants // Penza: OJSC "Penza Publishing and Printing Company". - 2013. - 300 p.

23. Red Data Book of the Russian Federation: 2nd official ed. Plants and fungi. - Moscow: VNII "Ekologiya". - 2024. - 944 p.

24. The Red Data Book of the Saratov Region. Mushrooms. Lichens. Plants. Animals. - Saratov: Papyrus. - 2021. - 496 p.

25. The Red Data Book of the Tambov Region: Mosses, Vascular Plants, Fungi, Lichens 2nd ed., revised and enlarged. - Tambov: OOO "TPS". - 2019. – 480 p.

26. The key to vascular plants of the Tambov Region / A.P. Sukhorukov, S.A. Balandin, V.A. Agafonov [et al.]. - Tula: Grif i K. - 2010. - 350 p.

27. Pechenyuk E.V. Wetlands of the second terrace of the Khoper River: history of study and current status / E.V. Pechenyuk // Transactions of the Khoper State Reserve. Issue X. – Voronezh: Publishing and Printing Center "Scientific Book". - 2016. - 203-233.

28. Smirnova E.B. Medicinal Plant Resources of Natural Tracts of the Middle Khopyerye / E.B. Smirnova, M.A. Zanina, B.D. Shatakhanov. – Saratov: Saratov Source. - 2020. - 130 p.

29. Filippov E.G. Genetic Structure of Dactylorhiza ochroleuca and D. incarnata (Orchidaceae) Populations in the Zone of Their Joint Growth in Russia and Belarus / E.G. Filippova, E.V. Andronova, O.N. Kozlova // Genetics. - 2017. - Vol. 53. - No. 6. - P. 675-686.

30. Flora of the Lower Volga region. T. 1. - M.: Scientific T. ed. KMK. - 2006. - 435 p.

31. Tsvelev N.N. Flora of the Khopersky State Reserve / N.N. Tsvelev. - L.: Science. - 1988. - 191 p.

УДК 595.754 (470.324)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_274-283

ФАУНА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (HETEROPTERA) ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА УГОЛЬНОЕ В УСМАНСКОМ БОРУ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ КАК РЕЗЕРВАТА БИОРАЗНООБРАЗИЯ НА ПОСТПИРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

THE FAUNA OF TRUE BUGS (HETEROPTERA) IN THE VICINITY OF LAKE UGOLNOYE IN THE USMAN FOREST (VORONEZH OBLAST) AND ITS SIGNIFICANCE AS A BIODIVERSITY REFUGIUM IN POST-PYROGENIC AREAS

Соболева В.А., старший преподаватель медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО “ВГУ”, Воронеж, Россия

Soboleva V.A., Senior Lecturer of the Faculty of Medicine and Biology, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Аннотация: Представлены результаты комплексного исследования фауны полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) в окрестностях террасного озера Угольное, расположенного в юго-западной части Усманского бора (Воронежская область). Район исследований, пострадавший от катастрофических пожаров 2010 года лишь частично, в последующие годы подвергся значительной антропогенной трансформации, что привело к формированию мозаичного ландшафта. На основе материалов, собранных в период 2017–2025 гг., выявлено 88 видов клопов из 17 семейств, с абсолютным преобладанием Miridae, Pentatomidae и Lygaeidae. Проведен анализ экологической структуры сообщества по ярусному распределению (доминирование хортобионтов — 68,2%), трофическим связям (преобладание фитофагов) и отношению к влажности (высокая доля ксерофилов и мезоксерофилов — 53,4%). Отсутствие прямого пирогенного воздействия и сохранность элементов лесной биоты позволяют рассматривать данный участок, несмотря на антропогенную нагрузку, как важный рефугиум. Он обеспечивает сохранение популяций многих видов и может служить резерватом, способствующим восстановлению гемиптерофауны на сопредельных постпирогенных территориях Усманского бора.

Abstract: This paper presents the results of a comprehensive study on the fauna of true bugs (Heteroptera) in the vicinity of Lake Ugolnoye, a terrace lake located in the southwestern part of the Usman Forest (Voronezh Oblast). The study area, which was only partially affected by the catastrophic fires of 2010, subsequently underwent significant anthropogenic transformation, leading to the formation of a mosaic landscape. Based on materials collected between 2017 and 2025, 88 species of true bugs from 17 families were recorded, with an absolute predominance of Miridae, Pentatomidae, and Lygaeidae. An analysis of the ecological structure of the community was conducted regarding vertical stratification (dominance of chortobionts — 68.2%), trophic relationships (predominance of phytophages), and moisture preferences (a high proportion of xerophiles and mesoxerophiles — 53.4%). The absence of direct pyrogenic impact and the preservation of elements of the forest biota allow this area, despite anthropogenic pressure, to be considered an important refugium. It ensures the conservation of populations of many species and can serve as a reserve that facilitates the recovery of the Heteroptera fauna in adjacent post-pyrogenic territories of the Usman Forest.

© Соболева В. А., 2026

Ключевые слова: Heteroptera, комплексы полужесткокрылых насекомых, постпирогенная сукцессия, рефугиум, Усманский бор, Воронежская область

Keywords: Heteroptera, hemipteran insect complexes, post-pyrogenic succession, refugium, Usman Forest, Voronezh Oblast

Усманский бор, расположенный на северо-западе Воронежской области, занимает площадь 61 тыс. га и входит в число крупнейших островных лесных массивов Восточноевропейской лесостепи. Он представляет собой уникальный природный комплекс и характеризуется исключительным флористическим и фаунистическим разнообразием, что обусловлено сложным сочетанием в его пределах бореальных и степных элементов. Катастрофические лесные пожары, охватившие европейскую часть России летом 2010 года, нанесли огромный ущерб экосистемам Усманского бора. В результате низовых и верховых пожаров на сотнях гектаров были уничтожены лесная подстилка, травяной покров, подлесок и частично древостой (Соболева, Голуб, 2025а, б; Соболева, Мелькумов, 2025). Восстановление нарушенных территорий зависит от многих факторов, среди которых ключевое значение имеет наличие рефугиумов, где сохранились популяции видов, способных впоследствии заселять гаревые участки. Такими резерватами могут служить участки, не затронутые огнем или затронутые в меньшей степени, в том числе антропогенно трансформированные, но сохранившие элементы исходной биоты.

Одним из таких участков является террасное озеро Угольное, расположенное в окрестностях биоцентра ВГУ «Веневитиново» (юго-западная часть Усманского бора). Озеро и его окрестности были затронуты пожаром 2010 г. лишь частично, в последующие годы подверглись значительной антропогенной трансформации вследствие интенсивной езды лесовозов и рекреационной нагрузки. Это привело к нарушению почвенного покрова, обнажению песка на значительных площадях и формированию мозаичного ландшафта, сочетающего сохранившиеся фрагменты лесной растительности (по краям) и открытые антропогенно нарушенные пространства.

Цель настоящей работы – дать комплексную характеристику фауны полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) в окрестностях озера Угольное, провести анализ экологической структуры гемиптеросообщества (по отношению к влажности и ярусному распределению) и оценить потенциальные возможности участка как резервата, обеспечивающего заселение сопредельных постпирогенных участков Усманского бора.

Исследования проводились в период с 2017 по 2025 гг. в юго-западной части Усманского бора, в окрестностях террасного озера Угольное (22 км северо-восточнее г. Воронежа; координаты центра участка: 51°48'52.3" с.ш., 39°24'11.6" в.д.). Озеро Угольное представляет собой террасный водоем, в настоящее время частично пересохший и заросший

околоводной растительностью. Прилегающая территория расположена на песчаных и супесчаных почвах и характеризуется мозаичным ландшафтом, сочетающим сохранившиеся фрагменты соснового леса (*Pinus sylvestris* L.) по периферии и открытые пространства с обнажениями песка и участками разреженной травянистой растительности. Древесный ярус представлен также *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Amelanchier spicata* K.Koch и *Frangula alnus* Mill. Из кустарников обычны *Genista tinctoria* L. и *Chamaecytisus ruthenicus* Klásk., 1958, образующие куртины по опушкам. Основу травянистых растительных сообществ окрестностей озера Угольное образуют злаки (Poaceae): *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth (вейник наземный) и *Festuca valesiaca* Gaudin (типчак), которые доминируют на большей части открытых пространств. Значительную роль играют также псаммофильные и ксерофильные виды: *Gypsophila paniculata* L. (качим метельчатый), *Herniaria glabra* L. (грыжник гладкий), *Artemisia campestris* L. (полынь равнинная), *Silene borysthenica* (Gruner) Walters (смолевка днепровская), *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb. (наголовatка васильковая). Присутствуют также виды, характерные для антропогенно нарушенных местообитаний: *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (иван-чай узколистный), *Potentilla norvegica* L. (лапчатка норвежская), *Lepidium densiflorum* Schrad. (клоповник густоцветковый). Анализ экологических групп по отношению к влажности показал преобладание ксерофитов и мезоксерофитов, составляющих в сумме около 70 % флоры. Мезофиты (около 30 %) приурочены главным образом к микропонижениям и участкам вблизи лесного массива, а также к бывшей акватории озера.

Сбор материала по полужесткокрылым насекомым проводился в течение полных вегетационных сезонов (с мая по сентябрь) с использованием стандартных энтомологических методов: кошение сачком по травянистой и кустарниковой растительности, а также сбор с помощью эксгаустера в прикорневой зоне и с побегов растений (Голуб и др., 2021). Экологические характеристики видов (ярусное распределение, приуроченность к степени увлажненности местообитаний, трофические преференции) устанавливались на основе анализа литературных данных, содержащихся в фундаментальных монографиях В.Г. Пучкова (1961, 1962, 1966, 1969, 1974, 1986), Ж. Перикара (1972, 1983, 1987) и И.М. Кержнера (1981), а также с учетом материалов многолетних наблюдений автора в условиях Усманского бора. Номенклатура приведена в соответствие с Каталогом полужесткокрылых европейской части России и Урала (Винокуров и др., 2024).

За весь период исследований в окрестностях озера Угольное зарегистрировано 88 видов полужесткокрылых насекомых, относящихся к 17 семействам (табл. 1). Наибольшим видовым богатством отличаются семейства Miridae (23 вида, 26,1 % от общего числа),

Pentatomidae (16 видов, 18,2 %) и Lygaeidae (13 видов, 14,8 %). Суммарно эти три семейства составляют почти 60 % всей выявленной фауны. Далее следуют семейства Tingidae (12 видов, 13,6 %), Rhopalidae (6 видов, 6,8 %) и Nabidae (5 видов, 5,7 %). Остальные семейства представлены 1–3 видами.

Таблица 1

Видовой состав полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) в окрестностях озера Угольное в Усманском бору (Воронежская область)

Tingidae:	*Derephysia longispina* Golub, 1974, *Dictyla echii* (Schrank, 1782), *Dictyonota strichnocera* Fieber, 1844, *Elasmotropis testacea* (Herrich-Schaeffer, 1830), *Galeatus affinis* (Herrich-Schaeffer, 1835), *Kalama tricornis* (Schrank, 1801), *Lasiacantha hermani* Vásárhelyi, 1977, *Oncochila simplex* (Herrich-Schaeffer, 1830), *Tingis crispata* (Herrich-Schaeffer, 1838), *Tingis ampliata* (Herrich-Schaeffer, 1838), *Tingis pilosa* Hummel, 1825, *Tingis reticulata* Herrich-Schaeffer, 1835
Nabidae:	*Himacerus apterus* (Fabricius, 1798), *Nabis ferus* (Linnaeus, 1758), *Nabis pseudoferus pseudoferus* Remane, 1949, *Nabis punctatus punctatus* A. Costa, 1847, *Nabis rugosus* (Linnaeus, 1758)
Anthocoridae:	*Orius horvathi* (Reuter, 1884), *Orius niger* (Wolff, 1811)
Reduviidae:	*Rhynocoris annulatus* (Linnaeus, 1758)
Miridae:	*Acetropis carinata* (Herrich-Schaeffer, 1841), *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778), *Campylomma verbasci* (Meyer-Dür, 1843), *Capsodes gothicus* (Linnaeus, 1758), *Chlamydatus pullus* (Reuter, 1870), *Europiella albipennis* (Fallén, 1829), *Euryopicoris nitidus* (Meyer-Dür, 1843), *Halticus apterus* (Linnaeus, 1758), *Halticus saltator* (Geoffroy, 1785), *Leptopterna dolabrata* (Linnaeus, 1758), *Lygus gemellatus* (Herrich-Schaeffer, 1835), *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758), *Lygus rugulipennis* Poppius, 1911, *Megalocoleus tanaceti* (Fallén, 1807), *Myrmecophyes alboornatus* (Stål, 1858), *Orthocephalus saltator* (Hahn, 1835), *Plagiognathus fulvipennis* (Kirschbaum, 1856), *Polymerus cognatus* (Fieber, 1858), *Polymerus unifasciatus* (Fabricius, 1794), *Polymerus vulneratus* (Panzer, 1806), *Stenodema calcarata* (Fallén, 1807), *Stenodema laevigata* (Linnaeus, 1758), *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy, 1902)

Aradidae:	*Mezira tremulae tremulae* (Germar, 1822)
Lygaeidae:	*Cymus glandicolor* Hahn, 1832, *Eremocoris fenestratus* (Herrich-Schaeffer, 1839), *Geocoris dispar* (Waga, 1839), *Microplax interrupta* (Fieber, 1837), *Nithecus jacobaeae* (Schilling, 1829), *Nysius thymi* (Wolff, 1804), *Ortholomus punctipennis* (Herrich-Schaeffer, 1838), *Oxycarenus pallens* (Herrich-Schaeffer, 1850), *Pterotmetus staphyliniformis* (Schilling, 1829), *Rhyparochromus pini* (Linnaeus, 1758), *Sphragisticus nebulosus* (Fallén, 1807), *Stygnocoris rusticus* (Fallén, 1807), *Trapezonotus arenarius* (Linnaeus, 1758)
Piesmatidae:	*Piesma maculatum* (Laporte, 1833)
Berytidae:	*Berytinus clavipes* (Fabricius, 1775)
Pyrrhocoridae:	*Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758)
Stenocephalidae:	*Dicranocephalus albipes* (Fabricius, 1781)
Rhopalidae:	*Brachycarenus tigrinus* (Schilling, 1829), *Myrmus miriformis* (Fallén, 1807), *Rhopalus parumpunctatus* Schilling, 1829, *Rhopalus subrufus* (Gmelin, 1790), *Stictopleurus abutilon* (Rossi, 1790), *Stictopleurus punctatonervosus* (Goeze, 1778)
Coreidae:	*Coreus marginatus* (Linnaeus, 1758), *Spathocera laticornis* (Schilling, 1829)
Cydnidae:	*Legnotus picipes* (Fallén, 1807)
Thyreocoridae:	*Thyreocoris scarabaeoides* (Linnaeus, 1758)
Scutelleridae:	*Eurygaster austriaca* (Schrank, 1776)
Pentatomidae:	*Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758), *Aelia rostrata* Boheman, 1852, *Antheminia lunulata* (Goeze, 1778)**,** *Carpocoris fuscispinus* (Boheman, 1851), *Carpocoris purpureipennis* (De Geer, 1773), *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758), *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758), *Eurydema ornata* (Linnaeus, 1758), *Eysarcoris aeneus* (Scopoli, 1763), *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758), *Neottiglossa leporina* (Herrich-Schaeffer, 1830), *Palomena prasina* (Linnaeus, 1761), *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794), *Sciocoris distinctus* Fieber, 1865, *Sciocoris microphthalmus* Flor, 1860, *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758)

Анализ распределения видов по ярусам растительности выявил абсолютное преобладание хортобионтов – 60 видов (68,2 %). Это закономерно для открытых и полуоткрытых биотопов с доминированием злаково-разнотравной растительности. В данной группе преобладают фитофаги, трофически связанные с различными семействами травянистых растений. Также представлены хищники, охотящиеся преимущественно в травостое – *Nabis ferus, Nabis pseudoferus, Nabis punctatus, Zicrona caerulea*.

Второе место по числу видов занимают герпетобионты и герпето-хортобионты (в сумме 17 видов, 19,3 %), что связано с наличием обнажений песка на антропогенно нарушенных участках, где эти виды находят подходящие условия для охоты, укрытия и питания семенами. К группе герпетобионтов относятся преимущественно хищные и семеноядные клопы – *Geocoris dispar, Trapezonotus arenarius, Stygnocoris rusticus, Pyrrhocoris apterus, Eremocoris fenestratus, Rhyparochromus pini, Thyreocoris scarabaeoides*. Группа герпето-хортобионтов (10 видов) объединяет как фитофагов, питающихся на низкорослых растениях и опавших семенах, так и хищников: *Kalama tricornis, Microplax interrupta, Nysius thymi, Sphragisticus nebulosus, Brachycarenus tigrinus, Legnotus picipes, Piesma maculatum, Derephysia longispina, Sciocoris distinctus* и *S. microphthalmus.*

Виды, в той или иной степени связанные с древесно-кустарниковой растительностью, в сумме составляют 11 видов (12,5 %). Они распределены по нескольким ярусным группам, что отражает различную степень использования кустарников и деревьев. Тамнобионты представлены одним видом – *Dictyonota strichnocera* (Tingidae), который трофически связан с кустарниками из семейства Бобовые. Хорто-тамнобионты представлены 3 видами – *Nabis rugosus* (хищник, активный в разнообразных стациях), *Lygus rugulipennis* и *Piezodorus lituratus* (мезоксерофильный фитофаг, трофически связанный с бобовыми). Группа хорто-тамно-дендробионтов включает 3 вида. Это хищники *Himacerus apterus* и *Rhynocoris annulatus*, охотящиеся в травостое, кустарниках и нижней части крон, а также полифаг *Palomena prasina*, обычный на различных древесно-кустарниковых породах и в высокотравье. Хорто-дендробионты, сочетающие питание и обитание в травяном и древесном ярусах, представлены также 3 видами – мелкие хищные виды *Orius horvathi* и *Orius niger*, а также *Campylomma verbasci*, связанный с коровяками и другими растениями, но нередко поднимающийся на древесный подрост. Дендробионты представлены одним видом – *Mezira tremulae* (Aradidae) – это мицетофаг, обитающий под корой сухостойных деревьев и свидетельствующий о сохранности элементов старого леса в окрестностях озера.

Подавляющее большинство зарегистрированных видов – фитофаги (около 80 %). Среди них можно выделить несколько комплексов, приуроченных к определенным кормовым растениям, что отражает структуру растительного покрова:

1) узкие олигофаги – *Dictyonota strichnocera, Polymerus unifasciatus, Spathocera laticornis, Sciocoris microphthalmus*;

2) широкие олигофаги (на злаковых) представлены *Acetropis carinata, Myrmus miriformis* и видами родов *Stenodema, Trigonotylus, Aelia, Neottiglossa, Eurygaster*;

3) широкие олигофаги (на бобовых) включают *Adelphocoris lineolatus, Piezodorus lituratus, Euryopicoris nitidus* и др.;

4) широкие олигофаги (на сложноцветных) – *Microplax interrupta, Orthocephalus saltator, Stictopleurus abutilon, S. punctatonervosus* и др.;

5) широкие олигофаги (на крестоцветных) представлены преимущественно *Brachycarenus tigrinus* и видами рода *Eurydema* (*E. oleracea, E. ornata*);

6) полифитофаги – *Carpocoris* spp., *Antheminia lunulata, Lygus* spp., *Dolycoris baccarum, Palomena prasina, Graphosoma lineatum* – встречаются на многих травянистых и кустарниковых растениях.

Хищные клопы (Nabidae, Anthocoridae, Reduviidae, *Zicrona caerulea*) составляют около 12 % видов и играют важную роль в регуляции численности мелких членистоногих. Наиболее обычны *Nabis ferus, Nabis rugosus, Orius niger*. Единственный мицетофаг – *Mezira tremulae* – связан с трутовыми грибами на сухостойных деревьях.

Анализ экологических групп по предпочтениям в степени увлажнения стаций обитания показал, что в сообществе полужесткокрылых преобладают виды, предпочитающие условия умеренного и недостаточного увлажнения. Мезофилы (включая один гигромезофильный вид *Tingis ampliata*) составляют 46,6 % (41 вид), мезоксерофилы – 42,0 % (37 видов), ксерофилы – 11,4 % (10 видов). Такое соотношение отражает мозаичность условий на участке: сохранившиеся лесные элементы и бывшая акватория озера обеспечивают убежище для мезофилов, тогда как антропогенно нарушенные открытые пространства способствуют закреплению ксерофильных и мезоксерофильных видов.

Заключение. Формирование нового облика гемиптерокомплекса в окрестностях террасного озера Угольное после пожара 2010 г. происходило в условиях мозаичного ландшафта, сочетающего сохранившиеся фрагменты лесной растительности, околоводные участки и открытые пространства, подвергшиеся антропогенной трансформации. Отсутствие прямого и продолжительного воздействия пирогенного фактора способствовало сохранению здесь многих видов, свойственных ненарушенным или слабонарушенным биотопам Усманского бора. В условиях возрастающей частоты пожаров и общей аридизации климата роль подобных рефугиумов в восстановлении пирогенно трансформированных экосистем существенно возрастает. Такие участки обеспечивают сохранение большинства видов и ускоряют постпирогенное восстановление биоценозов после катастрофических нарушений.

Окрестности озера Угольное, несмотря на значительную антропогенную нагрузку, сохраняют достаточно высокий уровень биоразнообразия и выполняют функцию важного резервата для полужесткокрылых насекомых Усманского бора.

Список литературы

1. Винокуров Н.Н., Гапон Д.А., Голуб В.Б., Зиновьева А.Н., Канюкова Е.В., Константинов Ф.В. Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) европейской части России и Урала. – Санкт-Петербург: Зоологический институт Российской академии наук, 2024. – 792 с.

2. Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых. Сбор, обработка и хранение материала. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2021. – 359 с.

3. Кержнер И.М. Полужесткокрылые семейства Nabidae. Фауна СССР. Насекомые хоботные. – Ленинград: Наука, 1981. – Т. 13, вып. 2. – 327 с.

4. Пучков В.Г. Щитники. Фауна України. – Київ: Видавництво Академії наук Української РСР, 1961. – Т. 21, вип. 1. – 340 с.

5. Пучков В.Г. Крайовики. Фауна України. – Київ: Видавництво Академії наук Української РСР, 1962. – Т. 21, вип. 2. – 164 с.

6. Пучков В.Г. Лігеїди. Фауна України. – Київ: Наукова думка, 1969. – Т. 21, вип. 3. – 388 с.

7. Пучков В.Г. Главнейшие клопы-слепняки – вредители сельскохозяйственных культур. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1966. – 172 с.

8. Пучков В.Г. Беритиди, червоноклопи, пієзматіди, підкорники та тингіди. Фауна України. – Київ: Наукова думка, 1974. – Т. 21, вип. 4. – 332 с.

9. Пучков В.Г. Полужесткокрылые семейства Rhopalidae (Heteroptera) фауны СССР. Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом АН СССР. – Ленинград: Наука, 1986. – Вып. 146. – 132 с.

10. Соболева В.А., Голуб В.Б. Отражение ксерофилизации постпирогенной экосистемы в динамике численности клопа-щитника Piezodorus lituratus (Fabricius) (Heteroptera, Pentatomidae) в условиях Восточноевропейской лесостепи // Экосистемы, 2025а. № 41. – С. 37–44.

11. Соболева В.А., Голуб В.Б. Формирование комплекса дендро- и тамнобионтных полужесткокрылых (Heteroptera) в процессе постпирогенной сукцессии в Усманском бору (Воронежская область) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2025б. № 254. – С. 70–86.

12. Соболева В.А., Мелькумов Г.М. Ксерофилизация как вектор формирования постпирогенного комплекса полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) в условиях Восточноевропейской лесостепи (на примере Усманского бора, Воронежская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология, 2025. – Т. 25. № 3. – С. 354–364.

13. Péricart J. Hémiptères Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Ouest-Paléarctique. Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen. – Paris: Masson et Cie éditeurs, 1972. – Vol. 7. – 407 p.

14. Péricart J. Hémiptères Tingidae euro-méditerranéens. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1983. – Vol. 69. – 620 p.

15. Péricart J. Hémiptères Nabidae d'Europe occidentale et du Maghreb. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1987. – Vol. 71. – 185 p.

References

1. Vinokurov N.N., Gapon D.A., Golub V.B., Zinovieva A.N., Kanyukova E.V., Konstantinov F.V. Catalog of Hemiptera Insects (Heteroptera) of the European Part of Russia and the Urals. St. Petersburg: Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, 2024. – 792 p.

2. Golub V.B., Tsurikov M.N., Prokin A.A. Insect Collections. Collection, Processing, and Storage of Materials. Moscow: KMK Scientific Publications Partnership, 2021. – 359 p.

3. Kerzhner I.M. Hemiptera of the Family Nabidae. Fauna of the USSR. Proboscidean Insects. Leningrad: Nauka, 1981. – Vol. 13, issue 2. – 327 p.

4. Puchkov V.G. Shield insects. Fauna of Ukraine. – Kiev: Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian RSR, 1961. – T. 21, vip. 1. – 340 s.

5. Puchkov V.G. Krajoviki. Fauna of Ukraine. – Kiev: Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian RSR, 1962. – T. 21, vip. 2. – 164 p.

6. Puchkov V.G. Ligeidi. Fauna of Ukraine. – Kiev: Naukova Dumka, 1969. – T. 21, vip. 3. – 388 p.

7. Puchkov V.G. The Main Bug Bugs – Pests of Agricultural Crops. – Kyiv: Naukova Dumka Publishing House, 1966. – 172 p.

8. Puchkov V.G. Bug Bugs, Chervonoklops, Pests, Corn Bugs and Tings. Fauna of Ukraine. – Kiev: Naukova Dumka, 1974. – Vol. 21, issue 4. – 332 p.

9. Puchkov V.G. Hemiptera of the Family Rhopalidae (Heteroptera) of the Fauna of the USSR. Keys to the Fauna of the USSR, Published by the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. – Leningrad: Nauka, 1986. – Issue 146. – 132 p.

10. Soboleva V.A., Golub V.B. Reflection of xerophilization of the post-pyrogenic ecosystem in the population dynamics of the shield bug Piezodorus lituratus (Fabricius)

(Heteroptera, Pentatomidae) in the conditions of the East European forest-steppe // Ecosystems, 2025a. No. 41. – P. 37–44.

11. Soboleva V.A., Golub V.B. Formation of a complex of dendro- and thamnobiont hemiptera (Heteroptera) during post-pyrogenic succession in the Usman pine forest (Voronezh region) // Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy, 2025b. No. 254. – P. 70–86.

12. Soboleva V.A., Melkumov G.M. Xerophilization as a vector of formation of a postpyrogenic complex of hemipteran insects (Heteroptera) in the conditions of the East European forest-steppe (on the example of the Usman pine forest, Voronezh region) // Bulletin of the Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology, 2025. - Vol. 25. No. 3. - Pp. 354-364.

13. Péricart J. Hémiptères Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae of the Ouest-Paléarctique. Faune of Europe and the Middle East. - Paris: Masson et Cie éditeurs, 1972. - Vol. 7. - 407 p.

14. Péricart J. Hémiptères Tingidae euro-méditerranéens. Faune of France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1983. – Vol. 69. – 620 p.

15. Péricart J. Hémiptères Nabidae d'Europe occidentale et du Maghreb. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1987. – Vol. 71. – 185 p.

УДК 595.754 (470.324)

DOI: 10.58168/EnvPr2026_284-292

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (HETEROPTERA) ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ В НОВОХОПЕРСКОМ РАЙОНЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF HEMIPTERAN INSECTS (HETEROPTERA) IN NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED LANDSCAPES OF THE NOVOKHOPERSKY DISTRICT, VORONEZH OBLAST

Соболева В.А., старший преподаватель медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО “ВГУ”, Воронеж, Россия

Soboleva V.A., Senior Lecturer of the Faculty of Medicine and Biology, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Аннотация: На основе сборов 2025 года проведен сравнительный анализ комплексов полужесткокрылых (Heteroptera) сухих рудеральных биотопов в окрестностях г. Новохоперск и остепненных луговых участков на границе с Хоперским государственным заповедником. Проанализирован видовой состав, трофическая специализация, отношение к влажности и спектр зимующих стадий. Установлено, что комплекс рудерального участка характеризуется преобладанием широких олигофагов, связанных с рудеральной растительностью, и видов, зимующих в стадии имаго (r-стратегия). В то же время фауна остепненного биотопа отличается более высокой долей видов, специализированных на растениях естественных фитоценозов, и преобладанием зимовки в стадии яйца (K-стратегия).

Abstract: Based on collections conducted in 2025, a comparative analysis of hemipteran (Heteroptera) complexes was carried out between dry ruderal biotopes in the vicinity of Novokhopersk and steppe-like meadow plots bordering the Khopyor State Nature Reserve. Species composition, trophic specialization, moisture preferences, and overwintering strategies were analyzed. It was found that the ruderal site complex is characterized by a predominance of broad oligophages associated with ruderal vegetation and species overwintering as adults (r-strategy). In contrast, the steppe biotope fauna is distinguished by a higher proportion of species specialized on plants of natural phytocenoses and a predominance of overwintering in the egg stage (K-strategy).

Ключевые слова: Heteroptera, комплексы полужесткокрылых насекомых, трофическая структура, экологические стратегии, Воронежская область

Keywords: Heteroptera, hemipteran insect complexes, trophic structure, ecological strategies, Voronezh Oblast

Фауна полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) служит моделью для изучения последствий антропогенной трансформации экосистем. Сравнение видового состава и анализ особенностей биологии, позволяют выявить не только количественные, но и качественные различия в структуре сообществ. Данная работа направлена на сравнение

© Соболева В. А., 2026

гемиптерокомплексов двух контрастных типов биотопов Новохоперского района Воронежской области. С одной стороны, рассматриваются сухие антропогенно нарушенные участки, представляющие собой модель трансформированной среды. С другой — сухие остепненные биотопы, непосредственно граничащие с территорией природного заповедника, которые сохраняют черты естественных экосистем, находясь под защитным влиянием заповедного режима. Особое внимание уделяется анализу трофической структуры сообщества, предпочтений в степени увлажненности местообитаний и стратегий зимовки, что в совокупности раскрывает механизмы формирования и устойчивости данных энтомокомплексов.

Исследование фауны полужесткокрылых насекомых проводилось в течение 2025 года на двух разнотипных участках.

1. «Рудеральный участок» (3 км В г. Новохоперск; 51°06'01.6"N, 41°40'21.4"E). Растительный покров участка сформирован синантропными и рудеральными сообществами на нарушенных, подверженных антропогенным воздействиям местообитаниях. Проективное покрытие неравномерное (от 60% до 85%). Характерны проплешины с оголенной или слабо задернованной почвой. Участок характеризуется мезоксерофильными условиями. Присутствуют признаки вытаптывания, захламления и прошлой распашки. В травостое преобладают злаки (Poaceae): пырей ползучий (*Elytrigia repens*), костер безостый (*Bromus inermis*), типчак (*Festuca valesiaca*), местами вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*). Обычны также представители семейства сложноцветные (Asteraceae): полыни (*Artemisia abrotanum, A. absinthium*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*). Значительно участие бобовых (Fabaceae), являющихся важным кормовым ресурсом для многих полужесткокрылых: люцерна серповидная (Medicago falcata), клевер пашенный и средний (*Trifolium arvense, T. medium*), вика мышиная (*Vicia cracca*). Обычны также: резак (*Falcaria vulgaris*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), синеголовник плоский (*Eryngium planum*), щавель курчавый (*Rumex crispus*). Кустарниковый ярус развит слабо, единично встречается дрок красильный (*Genista tinctoria*).

2. «Естественный остепненный участок» (2 км СВ г. Новохоперск; граница с Хоперским государственным природным заповедником; 51°06'28.1"N, 41°39'09.8"E). Растительность участка представляет собой остепненные разнотравно-злаковые луга, сформировавшиеся на склонах и плакорах в непосредственной близости от границы заповедника. Проективное покрытие высокое (80–95%). Травостой хорошо сомкнут, структурирован. Условия мезоксерофильные. Основу травостоя составляют злаки (Poaceae): ковыль перистый (*Stipa pennata*), типчак (*Festuca valesiaca*), тонконог сизый (*Koeleria glauca*), мятлик узколистный и луковичный (*Poa angustifolia, P. bulbosa*), рожь дикая (*Secale*

sylvestre). Обильны также костер безостый и растопыренный (*Bromus inermis, B. squarrosus*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), вейник наземный (*Calamagrostis epigejos*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*). Разнотравье характеризуется высоким видовым богатством. Обычны подмаренник настоящий, мареновидный и цепкий (*Galium verum, G. rubioides, G. aparine*). Обильны бобовые (Fabaceae): астрагал пестрый (*Astragalus varius*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), эспарцет (*Onobrychis arenaria*). Широко представлены сложноцветные (Asteraceae): полыни (*Artemisia* spp.), тысячелистник (*Achillea* spp.), василек песчаный (*Centaurea arenaria*). Отмечены также молочай прутьевидный и Сегье (*Euphorbia virgata, Eu. seguieriana*), синяк обыкновенный (*Echium vulgare*), тимьян (*Thymus pallasianus*) и другие.

Сбор материала проводился методом кошения стандартным энтомологическим сачком, ручным сбором в прикорневой зоне и с побегов (Голуб и др., 2021). Информация об экологических особенностях видов основана на данных, содержащихся в монографиях В.Г. Пучкова (1961, 1962, 1966, 1969, 1974, 1986), Ж. Перикара (1972, 1983, 1987) и И.М. Кержнера (1981), а также на данных, полученных в ходе многолетних исследований автора.

В результате проведенных исследований на двух участках в окрестностях г. Новохоперск было зарегистрировано 71 вида полужесткокрылых насекомых (Heteroptera), относящихся к 8 семействам (табл. 1). Общими для обоих биотопов являются только 20 видов (28,2 % от общего списка), что свидетельствует о высокой степени их экологической специфики. Ядро фауны в обоих случаях составляют семейства Miridae и Pentatomidae.

Сравнительный анализ трофической структуры полужесткокрылых на обследованных участках показал значительное сходство специализации видов. Так на обоих участках отчетливо преобладают фитофаги (38 видов на рудеральном участке, 44 – на естественном остепненном).

На рудеральном участке преобладают широкие олигофаги (25 видов; 56,8 %), которые демонстрируют тесную связь с доминирующими семействами растений. Они формируют четкие трофические кластеры: Poaceae (9 видов), Apiaceae (3 вида), Fabaceae (3 вида), Asteraceae (3 вида) и Brassicaceae (3 вида). Полифитофаги (9 видов) представлены в целом экологически пластичными видами (pp. *Lygus*, *Carpocoris* и *Dolycoris*), способными осваивать нарушенные местообитания. Группа узких олигофагов невелика (4 вида) и связаны они с широко распространенными сорными видами растений.

Таблица 1

Видовой состав полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) на рудеральном и естественном остепненном участках в Новохоперском районе Воронежской области

Рудеральный участок	**Tingidae:** *Dictyla echii* (Schrank, 1782), *Dictyla humuli* (Fabricius, 1794), *Tingis pilosa* Hummel, 1825; **Nabidae:** *Nabis pseudoferus pseudoferus* Remane, 1949, *Prostemma sanguineum* (Rossi, 1790), *Himacerus apterus* (Fabricius, 1798), *Nabis ferus* (Linnaeus, 1758); **Miridae:** *Deraeocoris serenus* (Douglas & Scott, 1868), *Stenodema calcarata* (Fallén, 1807), *Lygus gemellatus* (Herrich-Schaeffer, 1835), *Lygus rugulipennis* Poppius, 1911, *Charagochilus gyllenhalii* (Fallén, 1807), *Orthops campestris* (Linnaeus, 1758), *Orthops kalmii* (Linnaeus, 1758), *Chlamydatus pullus* (Reuter, 1870), *Polymerus vulneratus* (Panzer, 1806), *Polymerus brevicornis* (Reuter, 1879), *Capsus ater* (Linnaeus, 1758), *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy, 1902), *Orthocephalus saltator* (Hahn, 1835), *Europiella artemisiae* (Becker, 1864), *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür, 1843), *Leptopterna dolabrata* (Linnaeus, 1758), *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778), *Halticus apterus apterus* (Linnaeus, 1758); **Piesmatidae:** *Piesma capitatum* (Wolff, 1804); **Rhopalidae:** *Stictopleurus abutilon* (Rossi, 1790), *Brachycarenus tigrinus* (Schilling, 1829), *Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758), *Myrmus miriformis miriformis* (Fallén, 1807); **Coreidae:** *Coreus marginatus* (Linnaeus, 1758); **Pentatomidae:** *Aelia rostrata* Boheman, 1852, *Carpocoris fuscispinus* (Boheman, 1851), *Sciocoris macrocephalus* Fieber, 1851, *Neottiglossa leporina* (Herrich-Schaeffer, 1830), *Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758), *Eurydema ornata* (Linnaeus, 1758), *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758), *Carpocoris purpureipennis* (De Geer, 1773), *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758), *Palomena prasina* (Linnaeus, 1761), *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758), *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758), *Eurygaster austriaca* (Schrank, 1776)
Естественный остепненный участок	**Tingidae:** *Oncochila scapularis* (Fieber, 1844), *Tingis pilosa* Hummel, 1825; **Nabidae:** *Nabis pseudoferus pseudoferus* Remane, 1949, *Nabis rugosus* (Linnaeus, 1758); **Miridae:** *Deraeocoris ventralis ventralis* O.M. Reuter, 1904, *Myrmecoris gracilis* (R. F. Sahlberg, 1848), *Polymerus cognatus* (Fieber, 1858), *Polymerus vulneratus* (Panzer, 1806), *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758), *Lygus rugulipennis* Poppius, 1911, *Oncotylus setulosus* (Herrich-Schaeffer, 1837), *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür, 1843), *Polymerus unifasciatus* (Fabricius, 1794),

	Charagochilus gyllenhalii (Fallén, 1807), *Notostira elongata* (Geoffroy, 1785), *Orthocephalus vittipennis* (Herrich-Schaeffer, 1835), *Plagiognathus fulvipennis* (Kirschbaum, 1856), *Stenodema calcarata* (Fallén, 1807), *Leptopterna dolabrata* (Linnaeus, 1758), *Stenotus binotatus* (Fabricius, 1794), *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778), *Halticus apterus apterus* (Linnaeus, 1758), *Euryopicoris nitidus* (Meyer-Dur, 1843), *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy, 1902); **Lygaeidae:** *Nysius helveticus* (Herrich-Schaeffer, 1850), *Nysius thymi* (Wolff, 1804), *Beosus maritimus* (Scopoli, 1763), *Tropidothorax leucopterus* (Goeze, 1778), *Oxycarenus pallens* (Herrich-Schaeffer, 1850), *Cymus claviculus* (Fallén, 1807); **Rhopalidae:** *Rhopalus parumpunctatus* Schilling, 1829, *Stictopleurus abutilon* (Rossi, 1790), *Sphragisticus nebulosus* (Fallén, 1807), *Myrmus miriformis miriformis* (Fallén, 1807); **Coreidae:** *Coriomeris denticulatus* (Scopoli, 1763), *Syromastes rhombeus* (Linnaeus, 1767), *Coreus marginatus* (Linnaeus, 1758), *Enoplops scapha* (Fabricius, 1794); **Pentatomidae:** *Eurygaster testudinarius* (Geoffroy, 1785), *Carpocoris purpureipennis* (De Geer, 1773), *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758), *Eysarcoris aeneus* (Scopoli, 1763), *Palomena prasina* (Linnaeus, 1761), *Peribalus strictus vernalis* (Wolff, 1804), *Neottiglossa leporina* (Herrich-Schaeffer, 1830), *Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758), *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758), *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758)

Сравнительный анализ трофической структуры полужесткокрылых на обследованных участках показал значительное сходство специализации видов. Так на обоих участках отчетливо преобладают фитофаги (38 видов на рудеральном участке, 44 – на естественном остепненном).

На рудеральном участке преобладают широкие олигофаги (25 видов; 56,8 %), которые демонстрируют тесную связь с доминирующими семействами растений. Они формируют четкие трофические кластеры: Poaceae (9 видов), Apiaceae (3 вида), Fabaceae (3 вида), Asteraceae (3 вида) и Brassicaceae (3 вида). Полифитофаги (9 видов) представлены в целом экологически пластичными видами (pp. *Lygus*, *Carpocoris* и *Dolycoris*), способными осваивать нарушенные местообитания. Группа узких олигофагов невелика (4 вида) и связаны они с широко распространенными сорными видами растений.

На естественном остепненном участке в фауне полужесткокрылых также преобладают широкие олигофаги (21 вид; 43,7% от общего числа). В их трофическом спектре доминируют виды, связанные со злаками (8 видов) и бобовыми (3 вида); также отмечены фитофаги, питающиеся на растениях семейств сложноцветных и бурачниковых

(по 2 вида). Кроме того, в этой группе присутствуют более специализированные виды, кормовыми растениями для которых служат представители семейств Asclepiadaceae, Lamiaceae и Polygonaceae. Группа полифагов демонстрирует сопоставимое с широкими олигофагами разнообразие (18 видов). Большинство видов этой группы являются эврифагами, способными развиваться на широком круге растений, с некоторым преобладанием форм, тяготеющих к злаковым и бобовым. Особого внимания заслуживают два вида – *Sphragisticus nebulosus* и *Beosus maritimus*, которые, будучи типичными обитателями поверхности почвы, в значительной степени специализированы на питании семенами (карпофагия). Группа узких олигофагов немногочисленна и включает всего 5 видов. Их жизненные циклы связаны с узким кругом растений из родов *Euphorbia*, *Galium* и *Centaurea*.

Группа зоофагов, несмотря на низкое разнообразие, демонстрирует значительную количественную представленность в изученных сообществах. На рудеральном участке доля хищных видов составила 13,6 % (6 видов), а на остепненном — лишь 8,5 % (4 вида). Однако по доле собранных экземпляров их роль оказалась существенно выше: 14,2 % и 13,9 % соответственно. Это свидетельствует о том, что в сообществах доминирует небольшое число массовых видов хищников, способных оказывать существенное регуляторное воздействие на популяции фитофагов.

Анализ предпочтений видов в отношении степени увлажненности биотопов показал, что имеются различия, отражающие характер растительного покрова и степень антропогенного воздействия.

Гемиптерофауна остепененного биотопа представляет собой сбалансированный комплекс: значительную долю составляют мезофилы (27 видов; 56,3 %), что связано с наличием хорошо развитого травостоя. Одновременно велика доля мезоксерофилов (16 видов; 33,3 %), и присутствуют типичные ксерофилы (8,3%). В сборах также представлен один пластичный гигромезофильный вид – *Eurygaster testudinarius*, тяготеющий к более увлажненным местам. Такое соотношение видов отражает разнообразие микростаций на исследованном участке – от умеренно увлажненных до сухих прогреваемых склонов. В отличие от этого, комплекс рудерального биотопа смещен в сторону более ксерофильных условий. Здесь при общем преобладании мезофилов (22 вида; 47,7 %) заметно выше доля мезоксерофилов (19 видов; 43,2 %) и типичных ксерофилов (4 вида; 9,1 %). Это, вероятно, является следствием антропогенного нарушения, приводящего к уплотнению почвы, усилению поверхностного стока, снижению влагоемкости и формированию локальных аридных микроклиматов на открытых участках.

Анализ распределения зимующих стадий выявил фундаментальные различия в адаптивной структуре исследованных сообществ. На рудеральном участке зафиксировано абсолютное доминирование видов, зимующих на стадии имаго: 32 вида против 12 видов, зимующих на стадии яйца. Согласно концепции «шаблона местообитания» (Southwood, 1977), такая структура характерна для нестабильных, часто нарушаемых биотопов. Зимовка во взрослой фазе обеспечивает высокую мобильность и миграционную активность, позволяя насекомым оперативно заселять трансформированные участки ранней весной. Данный комплекс признаков (высокая скорость колонизации, экологическая пластичность, широкие трофические связи) позволяет классифицировать ядро рудерального сообщества как r-стратегов. Эта стратегия типична для полифагов и широких олигофагов, не имеющих жесткой привязки к конкретному субстрату для откладки яиц в осенний период.

В противоположность этому, на остепненном участке наблюдается инверсия структуры: преобладают виды, зимующие на стадии яйца (30 видов против 18 видов, зимующих на стадии имаго). В энтомологии переход к зимовке в эмбриональной фазе рассматривается как маркер K-стратегии, направленной на максимальную синхронизацию жизненного цикла с фенологией конкретных растений-хозяев в условиях стабильной среды. Успешное развитие таких видов возможно только в устойчивых фитоценозах с предсказуемым наличием кормового ресурса, где конкурентные преимущества получают узкоспециализированные формы (например, связанные с подмаренником, бобовыми и ковылем). При этом сохранение значительной доли имагинально зимующих видов (18 видов) указывает на структурную сложность природного сообщества, сочетающего консервативный (K) и лабильный (мобильный) компоненты.

Заключение. Проведенное исследование демонстрирует, что фауна полужесткокрылых является чувствительным индикатором состояния экосистем. Комплекс естественного остепненного биотопа представляет собой зрелое, структурированное сообщество K-стратегов, тесно интегрированное в стабильный и богатый видами фитоценоз. Его стабильность обеспечивается глубокой трофической специализацией и преобладанием зимовки в стадии яйца. В противоположность этому, комплекс рудерального биотопа является пионерным, динамичным сообществом r-стратегов, сформированным на основе ограниченного набора рудеральных растений. Его устойчивость основана не на специализации, а на высокой экологической пластичности – мобильности, быстрой колонизации нарушенных территорий и независимости от наличия конкретного кормового растения.

Таким образом, антропогенное воздействие ведет к качественной перестройке фауны: от специализированных систем с длительными связями к упрощенным комплексам мобильных видов-генералистов.

Список литературы

1. Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых. Сбор, обработка и хранение материала. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2021. – 359 с.

2. Кержнер И.М. Полужесткокрылые семейства Nabidae. Фауна СССР. Насекомые хоботные. – Ленинград: Наука, 1981. – Т. 13, вып. 2. – 327 с.

3. Пучков В.Г. Щитники. Фауна України. – Київ: Видавництво Академії наук Української РСР, 1961. – Т. 21, вип. 1. – 340 с.

4. Пучков В.Г. Крайовики. Фауна України. – Київ: Видавництво Академії наук Української РСР, 1962. – Т. 21, вип. 2. – 164 с.

5. Пучков В.Г. Лігеїди. Фауна України. – Київ: Наукова думка, 1969. – Т. 21, вип. 3. – 388 с.

6. Пучков В.Г. Главнейшие клопы-слепняки – вредители сельскохозяйственных культур. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1966. – 172 с.

7. Пучков В.Г. Беритиди, червоноклопи, пієзматіди, підкорники та тингіди. Фауна України. – Київ: Наукова думка, 1974. – Т. 21, вип. 4. – 332 с.

8. Пучков В.Г. Полужесткокрылые семейства Rhopalidae (Heteroptera) фауны СССР. Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом АН СССР. – Ленинград: Наука, 1986. – Вып. 146. – 132 с.

9. Péricart J. Hémiptères Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Ouest-Paléarctique. Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen. – Paris: Masson et Cie éditeurs, 1972. – Vol. 7. – 407 p.

10. Péricart J. Hémiptères Tingidae euro-méditerranéens. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1983. – Vol. 69. – 620 p.

11. Péricart J. Hémiptères Nabidae d'Europe occidentale et du Maghreb. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1987. – Vol. 71. – 185 p.

12. Southwood T. R. E. Habitat, the templet for ecological strategies? // Journal of Animal Ecology. – 1977. – Vol. 46, № 2. – P. 337–365.

References

1. Golub VB, Tsurikov MN, Prokin AA. Insect Collections. Collection, Processing, and Storage of Materials. Moscow: KMK Scientific Publications Association, 2021. 359 p.

2. Kerzhner IM. Hemiptera of the Family Nabidae. Fauna of the USSR. Proboscidean Insects. Leningrad: Nauka, 1981. Vol. 13, issue 2. 327 p.

3. Puchkov VG. Shield Bug. Fauna of Ukraine. Kyiv: Publishing House of the Ukrainian Academy of Sciences of the Russian Federation, 1961. Vol. 21, issue 1. 340 p.

4. Puchkov VG. Regional Surveys. Fauna of Ukraine. – Kiev: Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian RSR, 1962. – T. 21, vip. 2. – 164 p.

5. Puchkov V.G. Ligeidi. Fauna of Ukraine. – Kiev: Naukova Dumka, 1969. – T. 21, vip. 3. – 388 p.

6. Puchkov V.G. The main horsefly bugs are pests of agricultural crops. – Kyiv: Naukova Dumka Publishing House, 1966. – 172 p.

7. Puchkov V.G. Beritidis, wormbugs, piesmatids, subcorns and tingidis. Fauna of Ukraine. – Kyiv: Naukova Dumka, 1974. – Vol. 21, issue 4. – 332 p.

8. Puchkov V.G. Hemiptera of the Rhopalidae family (Heteroptera) of the fauna of the USSR. Keys to the fauna of the USSR, published by the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. – Leningrad: Nauka, 1986. – Issue 146. – 132 p.

9. Péricart J. Hemiptères Anthocoridae, Cimicidae, and Microphysidae of the Ouest-Paléarctique. Faune of Europe and the Middle East. – Paris: Masson et Cie éditeurs, 1972. – Vol. 7. – 407 p.

10. Péricart J. Hémiptères Tingidae euro-méditerranéens. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1983. – Vol. 69. – 620 p.

11. Péricart J. Hémiptères Nabidae d'Europe occidentale et du Maghreb. Faune de France. – Paris: Fédération française des Sociétés de sciences naturelles, 1987. – Vol. 71. – 185 p.

12. Southwood T. R. E. Habitat, the template for ecological strategies? // Journal of Animal Ecology. – 1977. – Vol. 46, No. 2. – P. 337–365.

УДК 595.772

DOI: 10.58168/EnvPr2026_293-301

К ИЗУЧЕНИЮ ФАУНЫ СЕМЕЙСТВА SYRPHIDAE (DIPTERA) ВОРОНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE FAUNA OF SYRPHIDAE (DIPTERA) IN THE VORONEZH NATURE RESERVE

Чурсина М.А., доцент естественно-географического факультета, ФГБОУ ВО "ВГПУ", Воронеж, Россия

Тимохина В.В., студент 3 курса естественно-географического факультета, ФГБОУ ВО "ВГПУ", Воронеж, Россия

Chursina M.A., Associate Professor, Faculty of Natural Sciences and Geography, FSBEI HE "VSPU", Voronezh, Russia

Timokhina V.V., 3rd-year student, Faculty of Natural Sciences and Geography, FSBEI HE "VSPU", Voronezh, Russia

Аннотация: Представлен список двукрылых семейства журчалок (Diptera, Syrphidae) Воронежской области (Россия), составленный на основе материалов, собранных в период с 2010 по 2019 год. Исследованный материал включает более 130 экземпляров, которые принадлежат к 40 видам из 28 родов. Сборы были произведены в различных естественных и антропогенно трансформированных местообитаниях, таких как лесные массивы, берега водоёмов, сады, территории заповедника, парки и лесопарки. Таксономический состав изученного подсемейства отражает высокое разнообразие экологических групп. В состав фаунистического списка входят виды, личинки которых питаются тлями, детритом, тканями растений. Значительная часть видов связана с влажными местообитаниями. Большинство представителей семейства были собраны в период с мая по июль, когда их активность достигает максимума. Данное исследование представляет собой системный отчёт о фауне мух-журчалок Воронежской области и может служить основой для дальнейших фаунистических изысканий. Изучение фауны журчалок на наиболее близкой территории проводилось для Мордовской Республики, и сравнение продемонстрировало невысокую степень фаунистического сходства. Полученные данные расширяют знания о распространении мух семейства Syrphidae в центрально-европейский части России.

Abstract: A checklist of hoverflies (Diptera, Syrphidae) from the Voronezh Region (Russia) is presented, based on material collected between 2010 and 2019. The studied material comprises more than 130 specimens belonging to 40 species from 28 genera. Specimens were collected in a variety of natural and anthropogenically transformed habitats, including forests, water bodies, gardens, protected areas, parks, and forest parks. The taxonomic composition of the studied fauna reflects a high diversity of ecological groups. The faunal list includes species whose larvae are aphidophagous, detritivorous, or phytophagous. A considerable proportion of species is associated with humid habitats. Most specimens were collected between May and July, corresponding to the peak activity period of hoverflies. This study represents the important report on the hoverfly fauna of the Voronezh Region and can serve as a basis for further faunistic research. A comparison with the nearest studied region, the Republic of Mordovia, revealed a low degree of similarity in hoverfly fauna. The obtained data contribute to the knowledge of Syrphidae distribution in the central European part of Russia.

Ключевые слова: Diptera, Syrphidae, фауна, журчалки, новые данные, Воронежская область.

© Чурсина М. А., Тимохина В. В., 2026

Keywords: Diptera, Syrphidae, fauna, hoverfly, new record, Voronezh region.

Семейство журчалки (Diptera, Syrphidae) является одним из наиболее крупных и разнообразных семейств короткоусых двукрылых. Многие виды имеют характерную окраску – от ярко-жёлтой с полосками, имитирующей внешний вид перепончатокрылых (Hymenoptera) и обеспечивающей защиту от хищников, до тёмно-серых и чёрных видов с иридисцентными пятнами, что является вариантом маскировочной окраски. Имаго сирфид преимущественно являются фитофагами: питаются нектаром цветов, соком растений и фруктов. Личинки же отличаются гораздо большей пищевой разнообразностью: они могут быть комменсалами муравьев (Microdontinae), хищниками мягкотелых членистоногих, включая тлей, щитовок, трипсов и гусениц (Syrphinae), сапрофагами в опаде и древесине (Milesiini), копрофагами (Rhingiini, Milesiini), питаются грибами (Rhingiini), проявляют фитофагию в стеблях и клубнях растений (Merodontini, Rhingiini, Brachyopini), имеют фильтрационный тип питания в водоёмах (Eristalini, Brachyopini, Milesiini), а также паразитируют в гнёздах термитов и перепончатокрылых (Volucellini, Merodontini) [6].

С практической точки зрения журчалки также имеют большое значение. Многие виды являются опылителями культурных растений, и по эффективности в некоторых искусственных экосистемах превосходят пчёл. Личинки журчалок часто являются эффективными уничтожителями сельскохозяйственных вредителей, таких как тли, трипсы, гусеницы, по эффективности сирфиды не уступают даже божьим коровкам. В некоторых случаях (*Merodon, Eumerus*) сирфиды также могут выступать как вредители [4].

Фауна журчалок изучена фрагментарно. Хотя имеются достаточно обширные труды по фауне и экологии данного семейства в различных регионах: Урал [5], Магаданская область [2], Новосибирская область [1], Камчатский край [7], Кировская область [8], Омская область [9]; в Центральной России, включая Воронежскую область, семейство изучено слабо. Сведения о фауне Syrphidae ограниченны и требуют дальнейшей систематизации.

Материалы для исследования были собраны с 2010 по 2019 год в различных местообитаниях Воронежской области, которые включали в себя как заповедные территории (Воронежский государственный заповедник, Ботанический сад ВГУ), так и антропогенно трансформированные территории, а также населённые пункты (г. Воронеж, с. Митрофановка, с. Девица, мкр. Боровое, пос. Рыбачий), включая парки и лесопарки (парк Оптимист, лесопарк Олимпик). В том числе сборы производились в следующих точках:

1. Воронежская область, с. Митрофановка, 49.97 с.ш., 39.69 в.д.
2. Воронежская область, турбаза Веневитиново, 51.81 с. ш., 39.38 в. д.
3. Воронеж, Ботанический сад ВГУ, 39.22 с. ш., 51.40 в. д
4. Воронеж, мкр. Боровое, 51.73 с. ш., 39. 32 в. д.

5. Воронеж, лесопарк Оптимистов, 51.65 с. ш., 39.11 в.д.

6. Воронеж, пос. Рыбачий, 51,44 с.ш., 39,13 в.д.

7. Воронежская обл., пгт. Рамонь, 51,91 с. ш., 39.35 в.д.

8. Воронежская обл., Семилукский район, с. Девица, 51,64 с. ш., 38,94 в. д.

9. Воронеж, округ спортивного комплекса Олимпик, 51.75 с. ш., 39.19 в. д.

10. Воронежская обл., Воронежский биосферный заповедник, 51,95 с. ш., 39,65 в. д.

Сбор материала производился при помощи ручного энтомологического сачка методом индивидуального отлова и кошения. Затем экземпляры фиксировались в этилацетате и монтировались на булавки, после чего хранились в энтомологических коробках. Идентификацию производили про помощи имеющихся определительных таблиц [10, 11], под микроскопом Levenhuk 3ST. Материал в настоящее время находится в коллекции Воронежского государственного педагогического университета, г. Воронеж.

В результате исследования были зарегистрированы 40 видов, принадлежащие к 28 родам.

Фаунистический список журчалок представлен ниже.

Anasimyia Schiner, 1864

1. *Anasimyia transfuga* (Linnaeus, 1758) – ♀, Воронеж, мкр. Боровое (30.07.17).

Baccha Fabricius, 1805

2. *Baccha elongata* (Fabricius, 1775) – 2♂♂, 3♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (07.05.12, 19.05.19).

Callicera Panzer, 1809

3. *Callicera aenea* (Fabricius, 1777) – ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (21.06.11).

Ceriana Rafinesque, 1815

4. *Ceriana conopsoides* (Linnaeus, 1758) – ♀ Воронеж, база отдыха Веневитиново (02.07.11).

Chalcosyrphus Curran, 1925

5. *Chalcosyrphus eunotus* (Loew, 1873) – ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (05.06.18).

6. *Chalcosyrphus nemorum* (Fabricius, 1805) – 2♂♂ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (03.08.18).

Cheilosia Meigen, 1822

7. *Cheilosia ingrica* Stackelberg, 1958 – ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (17.05.17); ♂, 3♀♀ Воронежская обл., с. Митрофановка (03.05.18); 2♀♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (03.08.18).

8. *Cheilosia latifrons* (Zetterstedt, 1843) – ♂ Воронежский биосферный заповедник (20.04.12).

9. *Cheilosia morio* (Zetterstedt, 1838) – ♀ Воронежский биосферный заповедник (27.05.11).

Chrysotoxum Meigen, 1803

10. *Chrysotoxum festivum* (Linnaeus, 1758) – 4♂♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (26.05.17–29.05.17).

Dasysyrphus Enderlein, 1938

11. *Dasysyrphus venustus* (Meigen, 1822) – 4♂♂, 8♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (05.05.18 – 07.05.18).

Episyrphus Matsumura & Adachi, 1917

12. *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) – ♂ Воронеж, мкр. Боровое (30.07.18); ♂ Воронежская обл., с. Митрофановка (10.06.18); 2♂♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ, берег пруда (26.05.17, 31.07.18); ♂ Воронеж, округ с/к Олимпик (29.08.13).

Epistrophe Walker, 1852

13. *Epistrophe grossulariae* (Meigen, 1822) – ♂ Воронеж, мкр. Боровое (18.05.11).

Eristalis Latreille, 1804

14. *Eristalis arbustorum* (Linnaeus, 1758) – 3♂♂, 3♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (05-09.06.11); 2♂♂, 2♀♀, Воронеж, мкр. Боровое (29.05.17, 29.06.17); 2♂♂ 2♀♀ Воронеж, лесопарк Оптимистов (06.06.11).

15. *Eristalis nemorum* (Linnaeus, 1758) – ♀ пгт. Рамонь (26.07.18).

16. *Eristalinus sepulchralis* (Linnaeus, 1758) – 5♀♀ Воронежский биосферный заповедник (27.05.17, 05.06.11, 09.06.11).

Eupeodes Osten-Sacken, 1877

17. *Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794) – 3♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ, берег пруда (19.05.19);

18. *Eupeodes latifasciatus* (Macquart, 1829) – ♂ Воронеж, лесопарк Оптимистов (06.06.11).

Eurimyia Bigot, 1883

19. *Eurimyia lineata* (Fabricius, 1787) – 2♀♀ Воронеж, пос. Рыбачий (19.05.11).

Helophilus Meigen, 1822

20. *Helophilus borealis* Staeger, 1845 – 2♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (18.05.11–21.05.11); ♀ Воронеж, округ с/к Олимпик (17.05.11).

Lapposyrphus Dušek & Láska, 1967

21. *Lapposyrphus lapponicus* (Zetterstedt, 1838) – ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (17.05.17);

Meliscaeva Frey, 1946

22. *Meliscaeva cinctella* (Zetterstedt, 1843) – ♀ Воронежская область, Семилукский р-н, с. Девица (02.06.11).

Meligramma Frey, 1946

23. *Meligramma triangulifera* (Zetterstedt, 1843) – ♀ Воронеж, округ с/к Олимпик (30.07.17).

Merodon Meigen, 1803

24. *Merodon aberrans* Egger, 1860 – ♂ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (07.05.11); ♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (22.06.18).

25. *Merodon ruficornis* Meigen, 1822 – 2♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ, (18.05.11).

Myiatropa Verrall, 1882

26. *Myiatropa florea* (Linnaeus, 1758) – 3♂ Воронеж, база отдыха Веневитиново (07–09.06.11), ♂ Воронежский биосферный заповедник (25.05.17); ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (21.05.11).

Parhelophilus Girschner, 1897

27. *Parhelophilus consimilis* (Malm, 1860) – ♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (05.05.11).

28. *Parhelophilus frutetorum* (Fabricius, 1775) – ♂, 5♀♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (05.06.11 – 09.06.11); ♂ Воронеж, пос. Рыбачий (19.05.11).

Platycheirus Lepeletier & Serville, 1828

29. *Platycheirus peltatus* (Meigen, 1822) – 4♂♂, 5♀♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (05.05.18, 17.05.17, 26.05.17).

Sphaerophoria Lepeletier & Serville, 1828

30. *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758) – ♂, ♀ Воронеж, Ботанический сад ВГУ, берег пруда (25.07.18, 31.07.18); 2♂♂ Воронежская обл., пгт. Рамонь, берег р. Воронеж (01.06.19); 2♂♂, 2♀♀ Воронежская обл., с. Митрофановка (03.05.18).

Syritta Lepeletier & Serville, 1828

31. *Syritta pipiens* (Linnaeus, 1758) – ♂ Воронежская обл., пгт. Рамонь, берег р. Воронеж (26.07.18); ♀ Воронеж, мкр. Боровое (30.07.18); ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (29.05.17); ♀ Воронеж, лесопарк Оптимистов (06.06.11).

32. *Syritta vittata* Portschinsky, 1875 – ♂ Воронеж, лесопарк Оптимистов (06.06.11).

Temnostoma Lepeletier & Serville, 1828

33. *Temnostoma vespiforme* (Linnaeus, 1758) – ♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (09.06.10); ♂ Воронежский биосферный заповедник (27.05.11).

Volucella Geoffroy, 1762

34. *Volucella pellucens* (Linnaeus, 1758) – ♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (09.06.10);

Xanthandrus Verrall, 1901

35. *Xanthandrus comtus* (Harris, 1780) – ♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (03.08.18);

Xanthogramma Schiner, 1860

36. *Xanthogramma ornatus* (Meigen, 1822) – 4♂♂, 3♀♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (21.06.18 – 29.06.18); ♂ Воронежский биосферный заповедник (27.05.11); Воронежская обл., с. Митрофановка (10.06.18).

Xylota Meigen, 1822

37. *Xylota abiens* Meigen, 1822 – ♀ Воронеж, округ с/к Олимпик (29.08.13).

38. *Xylota pigra* (Fabricius, 1794) – ♀ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (29.04.12).

39. *Xylota segnis* (Linnaeus, 1758) – ♂ Воронеж, Ботанический сад ВГУ (14.06.18); ♂ Воронежская обл., база отдыха Веневитиново (27.07.18).

40. *Xylota sylvarum* (Linnaeus, 1758) – ♂, ♀ Воронеж, округ с/к Олимпик (29.08.13).

Согласно собранным данным по фауне семейства журчалок, наибольшее число собранных видов принадлежит родам *Cheilosia, Chalcosyrphus, Eristalis* и *Xylota*, которые являются широко распространёнными и наиболее богатыми видами. Так род *Cheilosia* – один из крупнейших родов семейства, представлен фитофагами в личиночной стадии. Виды *Myiatropa, Eristalinus, Parhelophilus, Eristalis* – связаны с водными биотопами, их личинки питаются разлагающейся в воде органикой. Ввысокое разнообразие этих видов свидетельствует о хорошем состоянии водных экосистем и прибрежных биотопов.

Виды *Episyrphus balteatus, Eupeodes corollae, Sphaerophoria scripta, Dasysyrphus venustus*, а также виды родов *Meliscaeva, Meligramma, Epistrophe* являются энтомофагами на личиночной стадии и чаще всего встречаются в луговых экосистемах и агроэкосистемах (в полях, огородах, садах).

К сапроксилобионтам относятся виды родов *Xylota* и *Chalcosyrphus*, а также виды *Temnostoma vespiforme, Callicera aenea*. Личинки данных видов связаны со старыми лесами, они являются важным звеном экосистемы, служащим для переработки мёртвой древесины.

Из фаун близлежащих регионов лучше всего изучена фауна журчалок республики Мордовия [3]. Сравнительный анализ фауны двух регионов позволил прийти к следующим заключениям. Фауна Мордовии изучена лучше – в ней зарегистрировано более 80 видов. Особенно значимо присутствие лесных сапроксилобионтов, таких как представители родов *Blera, Criorhina, Mallota, Sphecomyia*. При этом основу фаун обеих регионов составляют

широко распространённые виды, такие как *Eristalis arbustorum, Episyrphus balteatus, Sphaerophoria scripta*.

Индекс сходства фауны Воронежской области и республики Мордовия составил 0,15 по Жаккару и 0,27 по Сёренсену, что демонстрирует небольшую степень сходства. В первую очередь это обусловлено различиями в биоценозах, где производился сбор: в Воронежской области обследовались преимущественно приводные экосистемы, тогда как в Мордовии большее внимание было уделено лесам различного типа.

При учете экологических групп журчалок в двух регионах индексы сходства показали следующее. Афидофаги (виды, личинки которых питаются тлями): 0,5 по Жаккару и 0,6 по Сёренсену. Эти виды демонстрируют наибольшее сходство фаун, они являются наиболее широко распространёнными, обитают во многих биотопах. Сапроксилобинты (личинки развиваются в гниющей древесине): 0,15 по Жаккару и 0,3 по Сёренсену. Данные показатели отражают минимальную представленность лесных видов в сборах Воронежской области.

Фитофаги (личинки питаются тканями растений или детритом): 0,16 по Жаккару и 0,24 по Сёренсену. Приводные виды (личинки обитают в воде или влажных местообитаниях): 0,2 по Жаккару и 0,25 по Сёренсену. Всеядные (сюда относятся *Microdon, Chrysotoxum, Chrysogaster*): 0,25 по Жаккару и 0,33 по Сёренсену.

Выводы или заключение. В результате исследований, проведённых в период с 2010 по 2019 годы, для фауны Воронежской области было зарегистрировано 40 видов журчалок, относящихся к 28 родам. Наибольшее видовое разнообразие зафиксировано для родов *Cheilosia, Chalcosyrphus, Eristalis, Xylota*. Личинки зарегистрированных видов демонстрируют широкое разнообразие спектров питания. Сравнительный анализ с фауной сирфид Республики Мордовия показал низкий уровень сходства, что обусловлено различием в обследованных биоценозах. Наибольшее фаунистическое сходство наблюдалось для широко распространённых видов-афидофагов.

Список литературы

1. Barkalov A.V. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) of Novosibirsk oblast (West Siberia) / A.V. Barkalov, D.Yu. Kropacheva // Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve. – 2025. – № 37. – P. 5-78.

2. Barkalov A.V. New data on the hover-fly fauna (Diptera: Syrphidae) of Magadanskaya Oblast of Russia / A.V. Barkalov, N.N. Tridrikh // Euroasian Entomological Journal. – 2021. – Vol. 20(6). – P. 307–319.

3. Chursina M.A. A checklist of Syrphidae (Diptera) from Mordovia, Russia / M.A. Chursina, A.B. Ruchin // Halters. – 2018. – Vol. 9. – P. 57-73.

4. Sommaggio D. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? / D. Sommaggio // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 1999. – №74. – P. 343–356.

5. Sorokina V.S. Data on the fauna of flower flies (Diptera: Syrphidae) of the South Ural / V.S. Sorokina O.E. Chashina // Russian Entomological Journal. – 2003. – Vol. 12 (1). – P. 93–101.

6. Thompson F.Ch. Family Syrphidae. In: A Catalogue of the Diptera of the American South of the United States / F.Ch. Thompson, J.R. Vockeroth. – San Pablo : Museu de Zoologiea, 1976. – 357 p.

7. Мутин В.А. Мухи-журчалки (Diptera, Syrphidae) Кроноцкого Государственного заповедника / В.А. Мутин, Л.Е. Лобкова // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – 2018. – Вып. 29. – С. 41-57.

8. Пестов С.В. Мухи-журчалки (Diptera, Syrphidae) Кировской области / С.В. Пестов, Г.И. Юферев, Л.Г. Целищева // Вестник Удмуртского Университета. Биология. Науки о земле. – 2010. – Вып. 4. – С. 86-96.

9. Пестов С.В. К фауне мух-журчалок (Diptera, Syrphidae) Омской области / С.В. Пестов // Материалы VI межрегиональных зоологических чтений, посвящённых памяти учёного-естествоиспытателя С. В. Маракова (1929 – 1986). – Киров: Аверс, 2024. – С. 69-73.

10. Штакельберг А.А. Семейство Syrphidae / А.А. Штакельберг // Определитель мух Европейской части СССР. – Ленинград : Издательство Академии наук СССР, 1933. – С. 219–278.

11. Штакельберг А.А. Семейство Syrphidae (Журчалки) / А.А. Штакельберг // Определители насекомых европейской части СССР. Т. 5. Двукрылые, блохи. Ч. II. – Ленинград : Изд-во «Наука», 1970. – С. 11–96.

References

1. Barkalov A.V. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) of Novosibirsk region (West Siberia) / A.V. Barkalov, D. Yu. Kropacheva // Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve. – 2025. – No. 37. – R. 5-78.

2. Barkalov A.V. New data on the hover-fly fauna (Diptera: Syrphidae) of Magadanskaya Oblast of Russia / A.V. Barkalov, N.N. Tridrikh // Euroasian Entomological Journal. – 2021. – Vol. 20(6). – P. 307–319.

3. Chursina M.A. A checklist of Syrphidae (Diptera) from Mordovia, Russia / M.A. Chursina, A.B. Ruchin // Halters. – 2018. – Vol. 9. – P. 57-73.

4. Sommaggio D. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? / D. Sommaggio // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 1999. – No. 74. – P. 343–356.

5. Sorokina V.S. Data on the fauna of flower flies (Diptera: Syrphidae) of the South Ural / V.S. Sorokina O.E. Chashina // Russian Entomological Journal. – 2003. – Vol. 12(1). – P. 93–101.

6. Thompson F. Ch. Family Syrphidae. In: A Catalog of the Diptera of the American South of the United States / F.Ch. Thompson, J.R. Vockeroth. – San Pablo : Museu de Zoologiea, 1976. – 357 p.

7. Mutin V.A. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) of the Kronotsky State Nature Reserve / V.A. Mutin, L.E. Lobkova // Readings in memory of Alexey Ivanovich Kurentsov. – 2018. – Issue 29. – Pp. 41-57.

8. Pestov S.V. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) of the Kirov Region / S.V. Pestov, G.I. Yuferov, L.G. Tselishcheva // Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences. – 2010. – Issue 4. – Pp. 86-96.

9. Pestov S.V. On the fauna of hoverflies (Diptera, Syrphidae) of the Omsk region / S.V. Pestov // Proceedings of the VI Interregional Zoological Readings dedicated to the memory of the naturalist S.V. Marakov (1929–1986). – Kirov: Avers, 2024. – Pp. 69–73.

10. Stackelberg A.A. Family Syrphidae / A.A. Stackelberg // Identification guide to flies of the European part of the USSR. – Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1933. – Pp. 219–278.

11. Stackelberg A.A. Family Syrphidae (Hoverflies) / A.A. Stackelberg // Identification guides to insects of the European part of the USSR. Vol. 5. Diptera, fleas. Part II. – Leningrad: Nauka Publishing House, 1970. – P.11–96.

ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

УДК 504.064

DOI: 10.58168/EnvPr2026_302-309

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ СВИНЦА (II) В ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОБЕГАХ ОДНОЛЕТНИХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ, НА ПРИМЕРЕ Г. ВОРОНЕЖА

DETERMINATION OF LEAD (II) IONS IN THE GENERATIVE SHOOTS OF ANNUAL ORNAMENTAL PLANTS, USING THE EXAMPLE OF G. VORONEZH

Игнатова Ю.В., преподаватель кафедры ЭЗЛиЛО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Прохорова Н.Л, старший преподаватель кафедры ЭЗЛиЛО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Харченко Н.Н., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ignatova Yu.V., Lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Prokhorova N.L, senior Lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Kharchenko N.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Проведена оценка уровня накопления тяжелых металлов декоративными растениями на объектах озеленения г. Воронежа. Методом аналитического определения в золе растительного материала исследовано содержание свинца (II) у трех видов: петунии гибридной (Petunia × hybrida), бархатцев отклоненных (Tagetes patula) и колеуса Блюма (Plectranthus scutellarioides). Установлено, что на опытных площадках №1 и №2 содержание свинца в золе побегов петунии гибридной составило 0,0476 и 0,0516 г соответственно. Максимальная концентрация соединений свинца (II) зафиксирована в золе побегов колеуса Блюма на площадке №3 и достигла 0,0815 г; в образцах бархатцев отклоненных с той же площадки данный показатель составил 0,0389 г. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии непосредственной угрозы деградации растительных сообществ на текущий момент, однако подчеркивают необходимость организации постоянного мониторинга содержания тяжелых металлов в придорожных почвах для своевременного выявления негативных тенденций.

Abstract. Studies conducted on the territory of the Voronezh landscaping facilities showed a fairly low level: in the sample of Petunia hybrida ash at experimental sites No. 1 and No. 2, the lead (II) content was 0.0476 g and 0.0516, respectively; the maximum value of lead (II) compounds in the ash of marigold shoots was rejected (Tagetes

© Игнатова Ю. В., Прохорова Н. Л., Харченко Н. Н., 2026

patula) from site No. 3 was 0.0389 g, and in the samples of Coleus Blum (Plectranthus scutellarioides), the highest concentration of lead (II) sulfide was recorded in the sample from site No. 3 – 0.0815 g. The presented results indicate that there is currently no danger of degradation of plant communities, but further monitoring of the content of heavy metals in roadside soils is necessary.

Ключевые слова: загрязнения, концентрация**,** растения, фитоиндикаторы, свинец, тяжелые металлы, придорожная почва.

Keywords: pollution, concentration, plants, phyto-indicator, lead, heavy metals roadside soil.

Возросшая за последние пять лет интенсивность автомобильных перевозок и постоянно увеличивающийся парк индивидуального транспорта, в процессе эксплуатации оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду и человека. Эти обстоятельства вызывают необходимость детального изучения ключевых аспектов распространения и накопления поллютантов, а также разработки системы мониторинга и мероприятий по минимизации ущерба [7].

Загрязнение окружающей среды за многолетний период эксплуатации автодорог выхлопными газами, продуктами истирания шин, тормозных колодок и покрытия автодорог приводит к изменению физико-химических свойств и структуры почв придорожной полосы. Особенно опасно накопление в почвах и растениях тяжелых металлов. Причем на сами растения накопление тяжелых металлов влияет в меньшей степени, хотя они подвергаются прямому влиянию, а на организмы животных и человека воздействует косвенно – через пищу при потреблении загрязненных растительных продуктов [1, 10]

Тема изучения влияния свинца на почвы придорожной полосы с экологической точки зрения является актуальной, так как в приоритете стоят вопросы охраны окружающей среды и здоровья человека. Для этого необходима разработка практических рекомендаций по управлению придорожными территориями. Актуальность данной темы подтверждается публикациями результатов исследований различных географических участков: Петрова Е. Е., Райхерт Е. В. (2013, Алтайский край), Кропова Ю.Г., Ховрин А.Н. и др. (2021, Новосибирск), Бодяковская Е. А., Малюк О. А. (2020, Беларусь), Олива Т. В. и др. (2021, Белгород.), Жарикова Е. А., Голодная О. М. (2022, Уссурийск) и т.д.

Анализ литературных источников показывает зависимость накопления тяжелых металлов от расстояния автомагистралей, но мы нельзя не брать во внимание влияние таких абиотических факторов окружающей среды, такие как температура и ветер [9].

Основным источником поступления свинца в почвы придорожных полос являются выхлопные газы автомобилей, использующих этилированный бензин. Хотя с 2003 года в России запрещено использование этилированного бензина (антидетонационная присадка тетраэтилсвинец), но сохраняется остаточное загрязнение. В результате вдоль автомагистралей

формируются техногенные аномалии с повышенным содержанием этого металла в почве, что представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

Свинец – высокотоксичный тяжёлый металл, относящийся к веществам первого класса опасности. Обладая кумулятивным и политропным действием, может вызывать серьёзные нарушения здоровья. Он оседает на почву в виде аэрозолей и твёрдых частиц, а также в виде водо- растворимых соединений. Около 20% свинца разносится с газами, 80% выпадает на землю. Он может перемещаться по трофическим цепям, представляя угрозу экосистемам и здоровью человека. Его избыток приводит к деградации почв, снижению биоразнообразия и нарушению функционирования экосистем. Накапливаясь в почве, растениях и живых организмах, он способен длительно сохраняться в окружающей среде. В связи с этим важно проводить регулярный мониторинг содержания свинца в придорожных почвах, а также разрабатывать меры по снижению его поступления в окружающую среду.

Общеизвестно, что растения способны поглощать свинец из почвы и воздуха, целью данной работы являлось определения наличия ионов свинца в генеративных побегах однолетних декоративных растений на выделенных площадках, прилегающих к проезжей части с разной интенсивностью движения в городе Воронеже. Полученные результаты дадут возможность оценить, на сколько и как изменилась ситуация с загрязнением дорог и прилегающих территорий, после отмены этилированного бензина. В связи с вышесказанным целью исследований было определение ионов свинца (II) в генеративных побегах однолетних декоративных растений. Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить содержание свинца в опытных образцах;

- сравнить массу сульфида свинца, выделенного из золы растений;

- выявить концентрацию ионов свинца (II) в генеративных побегах однолетних декоративных растений.

Объекты и методы исследований. Для выполнения поставленной цели были заложены три пробные площади: № 1 (клумба у мемориала «Памятник Славы»), № 2 (клумба у площади «Застава»), № 3 (клумба у монумента «Слава советской науке»). На данных участках отобран растительный материал. Для поведения сравнительного анализа в качестве эталона выделена контрольная площадка в с. Семилуки Воронежской области, без воздействия автотранспортных средств. Образцы собирали в конце сентября, 2025 года, в дневное время суток.

Растениями-фитоиндикаторами выбраны Петуния гибридная (Petunia × hybrida), Бархатцы отклоненные (Tagetes patula), Колеус Блюме (Plectranthus scutellarioides), произрастающие на клумбах опытных площадок. Для определения присутствия соединений

свинца (II) в растительном материале использовали метод качественных реакций - метод осаждения ионов свинца (II) сульфид-ионами, который основан на реакции образования малорастворимого сульфида свинца (II) PbS. Для освобождения металла из комплексов с белками и другими соединениями проведено разрушение биологического материала методом сухого озоления. Химическая основа данного метода заключается в следующем: в водном растворе ионы свинца (II) Pb^{2+} реагируют с сульфид-ионами S^{2-} с образованием чёрного осадка сульфида свинца (II):

$$Pb^{2+} + S^{2-} \rightarrow PbS\downarrow$$

Данная реакция является высокоселективной и эффективной благодаря очень низкой растворимости в воде сульфид свинца (II). Этот достаточно трудоемкий и длительный метод исследования использовался с целью дальнейшего количественного определения содержащихся ионов свинца.

Результаты. Обследование пробных площадей, с последующим вычислением массы полученного осадка в каждом варианте позволило получить следующие результаты (табл. 1, 2, 3, 4).

Таблица 1 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на площадке №1 (у мемориала «Памятник Славы»)

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1 после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5104	1,0167	0,5063	0,5105	0,9692	0,4587	0,0476
Бархатцы отклоненные	0,5116	0,9799	0,4683	0,5100	0,9581	0,4481	0,0202
Колеус Блюме	0,5108	0,9106	0,3998	0,5113	0,8212	0,3099	0,0899

Таблица 2 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на площадке №2 (площадь Застава)

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1 после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5099	0,8197	0,3098	0,5115	0,7739	0,2624	0,0474
Бархатцы отклоненные	0,5107	0,9012	0,3905	0,5106	0,8753	0,3647	0,0258
Колеус Блюме	0,5114	0,9581	0,4467	0,5103	0,8736	0,3633	0,0834

Таблица 3 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на площадке №3 (у монумента «Слава советской науке»)

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5105	0,8196	0,3091	0,5121	0,7702	0,2581	0,0516
Бархатцы отклоненные	0,5109	1,0103	0,4994	0,5107	0,9712	0,4605	0,0389
Колеус Блюме	0,5112	0,9452	0,4340	0,5118	0,8643	0,3525	0,0815

Таблица 4 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на контрольной площадке

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1 после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5114	0,9052	0,3938	0,5110	0,9062	0,3952	0,0014
Бархатцы отклоненные	0,5112	0,9401	0,4289	0,5109	0,9392	0,4283	0,0006
Колеус Блюме	0,5118	0,8606	0,3488	0,5117	0,8627	0,3500	0,0020

Таблица 5 – Среднее значение массы осадка сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, (мг)

№ площадки	Масса сульфида свинца, полученная из растительного материала, (мг)		
	петуния гибридная	бархатцы прямостоячие	колеус Блюме
Площадка № 1 (у мемориала «Памятник Славы»)	0,0476	0,0202	0,0899
Площадка № 2 (у площади «Застава»)	0,0474	0,0258	0,0834
Площадка № 3 (клумба у монумента «Слава советской науке»)	0,0516	0,0389	0,0815
Контрольная площадка	0,0014	0,0006	0,0020
Среднее значение	0,0369	0,0214	0,0642

Анализ таблиц показал следующее:

1. Все исследованные образцы петунии гибридной (Petunia × hybrida), отобранные с опытных площадок, содержат соединения свинца. Наибольшее количество сульфида свинца (II) выявлено в образце с площадки № 3 (Площадь Науки на пересечении улиц Феоктистова, Мира и Фридриха Энгельса). Для образцов с площадок №1 (автомобильное кольцо у памятника «Славы», на пересечении улиц Хользунова и Московский проспект) и № 2 у площади Заставы зафиксированы значения 0,0476 г и 0,0516 г соответственно. При этом содержание свинца (II) в растениях с контрольной площадки существенно ниже, чем в образцах с городских площадок.

2. По результатам анализа золы генеративных побегов бархатцев отклонённых (Tagetes patula), соединения свинца (II) обнаружены во всех опытных образцах растений, собранных на городских площадках. Максимальное содержание сульфида свинца (II) выявлено в образце с площадки №3 – 0,0389 г.

3. Все образцы колеуса Блюма (Plectranthus scutellarioides) с опытных площадок содержат соединения свинца (II). Наибольшая концентрация с ульфида свинца (II) зафиксирована в образце с площадки №3 у площади Заставы – 0,0815 г.

В образцах с контрольной площадки содержание свинца (II) незначительно.

Выводы

1. Результаты исследования показали, что опытные образцы, отобранные с различных площадок г. Воронеж, содержат соединения свинца (II).

2. Декоративные однолетники способны поглощать свинец из окружающей среды. Этот факт подтверждается сравнением массы сульфида свинца, выделенного из золы растений: повышенное содержание этого соединения наблюдается в образцах, произраставших вблизи оживленных автомагистралей.

3. У всех исследованных растений, отобранных с площадки №3 (Площадь Науки на пересечении улиц Феоктистова, Мира и Фридриха Энгельса), выявлена увеличенная концентрация сульфида свинца. Это явление объясняется совокупным действием следующих факторов: высокая интенсивность автомобильного движения, длительная аккумуляция загрязняющих веществ в почве и близость расположения железнодорожного вокзала.

Список литературы

1. Бодяковская Е. А. Загрязнение почвы придорожной полосы транспортной магистрали / Е.А. Бодяковская, О. А. Малюк // Весник Мазырскага дзяржаўнага педагагичнага ўниверситэта имя И.П. Шамякина. – 2020. – №. 1 (55). – С. 3-8.

2. Кропова Ю.Г. Влияние транспортно-дорожного комплекса на загрязнение почв и растений тяжелыми металлами / Ю.Г. Кропова, А.Н. Ховрин, И.В. Выродов // Вестник университета биотехнологий. – 2021. – 4. – 36-44.

3. Жарикова Е.А. Экологическое состояние почв придорожной полосы автомагистрали Уссурийск-Пограничный на приграничной территории / Е.А. Жарикова, О.М. Голодная, А.Д. Попова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2022. – №. 4-2 (216-2). – С. 21-27.

4. Содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомобильных трасс / Леонидова Т.В., Сидоренкова Н.К., Блохина Н.А., Харитонов И.Д. [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №. 1. – С. 146-149.

5. Аккумуляция тяжелых металлов древесными породами и сельскохозяйственными культурами в условиях примагистральной экосистемы / Т.В. Олива, Е.Ю. Колесниченко, С.И. Панин, Л.А. Манохина // EARTH. – 2021. – Т. 25. – С. 00.

6. Петрова Е.Е. Влияние автотранспорта на накопление цинка и свинца в почвах и их биологическое поглощение пшеницей мягкой (TRITICUM AESTIVUM) в придорожных агроценозах (в условиях Алейского района Алтайского края) / Е.Е. Петрова, Е.В. Райхерт // Известия Алтайского гос. университета. – 2013. – Т. 2. – №. 3 (79). – С. 42-46.

7. Прохорова, Н. Л. Динамика накопления тяжелых металлов в почвах особоохраняемых природных территорий, расположенных вблизи автотранспортных магистралей (на примере территории заказника "Семилукский") / Н.Л. Прохорова, Н.Н. Харченко // Фундаментальные и прикладные науки сегодня : Материалы XXVIII межд. научно-практич. конференции, Bengaluru, 18–19 апреля 2022 года. – Bengaluru: Pothi.com, 2022. – С. 44-48. – EDN RQVYVK

8. Серебряков О.В. Климатические изменения и их воздействия на лесные массивы Воронежской области / О.В. Серебряков // Повышение эффективности лесного комплекса : Материалы Десятой Всероссийской национальной научно-практической конференции, Петрозаводск, 28 апреля 2025 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2025. – С. 144-146. – EDN ZXJVKT.

9. Серебряков О.В. Влияние климатических факторов на накопление тяжелых металлов в почвах лесной региональной системы Воронежской области / О.В. Серебряков, Н.Л. Прохорова // Материалы Всероссийской молодежной конференции, посвященной международному Дню земли – 2025. – Воронеж: 2025. – С. 144-151. – DOI 10.58168/EarthDay2025.

10. Шилкова О.С. Загрязнение придорожной полосы тяжелыми металлами / О.С. Шилкова, А.В. Джанянц, В.И. Сарбаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 2. – С. 126–129.

References

1. Bodyakovskaya E. A. Pollution of the soil of the roadside strip of the transport highway / E. A. Bodyakovskaya, O. A. Malyuk // Bulletin of the Mazyrskaga dozharzhaўnaga pedagagichnaga ўuniversiteta named after I. P. Shamyakina. - 2020. - No. 1 (55). - P. 3-8.

2. Kropova Yu. G. Influence of the transport and road complex on the pollution of soils and plants with heavy metals / Yu. G. Kropova, A. N. Khovrin, I. V. Vyrodov // Bulletin of the University of Biotechnology. - 2021. - 4. - 36-44.

3. Zharikova E. A. Ecological state of soils of the roadside strip of the Ussuriysk-Pogranichny highway in the border area / E. A. Zharikova, O.M. Golodnaya, A.D. Popova // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural sciences. - 2022. - No. 4-2 (216-2). - P. 21-27.

4. The content of heavy metals in the roadside zone of highways / Leonidova T.V., Sidorenkova N.K., Blokhina N.A., Kharitonov I.D. [et al.] // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2019. - No. 1. - P. 146-149.

5. Accumulation of heavy metals by tree species and agricultural crops in the conditions of a highway ecosystem / T.V. Oliva, E.Yu. Kolesnichenko, S.I. Panin, L.A. Manokhina // EARTH. – 2021. – Vol. 25. – P. 00.

6. Petrova E.E. The influence of motor transport on the accumulation of zinc and lead in soils and their biological absorption by soft wheat (TRITICUM AESTIVUM) in roadside agrocenoses (under the conditions of the Aleysky district of Altai Krai) / E.E. Petrova, E.V. Raikhert // Bulletin of the Altai State University. – 2013. – Vol. 2. – No. 3 (79). – P. 42-46.

7. Prokhorova, N. L. Dynamics of heavy metal accumulation in soils of specially protected natural areas located near highways (on the example of the territory of the Semiluksky nature reserve) / N.L. Prokhorova, N.N. Kharchenko // Fundamental and applied sciences today: Proceedings of the XXVIII int. scientific and practical. conference, Bengaluru, April 18-19, 2022. – Bengaluru: Pothi.com, 2022. – Pp. 44-48. – EDN RQVYVK

8. Serebryakov, O.V. Climate change and its impact on forest areas of the Voronezh region / O.V. Serebryakov // Improving the efficiency of the forest complex: Proceedings of the Tenth All-Russian National Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, April 28, 2025. – Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2025. – Pp. 144-146. – EDN ZXJVKT.

9. Serebryakov, O.V. The influence of climatic factors on the accumulation of heavy metals in soils of the forest regional system of the Voronezh region / O.V. Serebryakov, N.L. Prokhorova // Proceedings of the All-Russian Youth Conference dedicated to the International Earth Day – 2025. – Voronezh: 2025. – Pp. 144-151. – DOI 10.58168/EarthDay2025.

10. Shilkova O.S. Roadside Pollution with Heavy Metals / O.S. Shilkova, A.V. Dzhanyants, V.I. Sarbaev // Mining Information and Analytical Bulletin. – 2000. – No. 2. – Pp. 126–129.

УДК 635.498

DOI: 10.58168/EnvPr2026_310-315

БИОПОТЕНЦИАЛ БУРАЧНИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*BORAGO OFFICINALIS* L.), ВЫРАЩИВАЕМОГО В КАЧЕСТВЕ СИДЕРАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ

BIOPOTENTIAL OF BORAGE OFFICINALIS (BORAGO OFFICINALIS L.) GROWN AS A SIDERAL CROP

Наседкин Н.Е., аспирант 2 курса Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Девятова Т.А., доктор биологических наук, профессор Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Румянцева И.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Голубева Д.Е., бакалавр 4 курс Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Селявкина Д.Р., бакалавр 4 курс Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Храмченкова А.Н., бакалавр 4 курс Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

Nasedkin N.E., 2nd year postgraduate student at the Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Devyatova T.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Rumyantseva I.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Golubeva D.E., Bachelor's degree, 4th year, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Selyavkina D.R., Bachelor's degree, 4th year, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Khramchenkova A.N., Bachelor's degree, 4th year, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Аннотация: в статье приведено изучение биологического потенциала бурачника лекарственного, сорта «Гном» в полевом опыте на территории Ботанического сада ВГУ им. проф. Б.М. Козо-Полянского. Установлено что максимальная фитомасса бурачника лекарственного достигается в вегетационной фазе цветения – 146,6 ц/га, а также в этой фазе наблюдается максимальное содержание азота, фосфора и калия.

При заделке в почву бурачника лекарственного в фазе цветения достигается максимальный вынос питательных веществ в почву: азот – 44,43 кг/га, фосфор – 523,12 кг/га, калий – 81,31 кг/га.

Abstract: the article presents a study of the biological potential of medicinal borage, the "Gnome" variety in a field experiment on the territory of the Botanical Garden of the VSU named after Professor B.M. Kozo-Polyansky. It has been established that the maximum phytomass of borage is reached in the vegetative phase of flowering – 146.6 c/ha, and also in this phase the maximum content of nitrogen, phosphorus and potassium is observed.

When medicinal borage is embedded in the soil during the flowering phase, maximum nutrient removal into the soil is achieved: nitrogen – 44.43 kg/ha, phosphorus – 523.12 kg/ha, potassium – 81.31 kg/ha.

© Наседкин Н. Е., Девятова Т. А., Румянцева И. В., Голубева Д. Е., Селявкина Д. Р., Храмченкова А. Н., 2026

Ключевые слова: сидерат, зеленые удобрения, бурачник лекарственный, биопотенциал, микроэлементы, биомасса, фитомасса.

Keywords: siderate, green fertilizers, borage, biopotential, trace elements, biomass, phytomass.

Введение. В результате постоянно возрастающей антропогенной нагрузки, частью которой является применение активного земледелия возникает проблема, связанная с экологизацией земледелия, в решение которой особую актуальность приобретают растения сидераты.

Сидерация – агрономический приём, суть которого заключается во внесении биомассы растения (запахивания) в почву с целью ее обогащения питательными элементами. Из литературных данных «сидерация» и «зеленое удобрение» считается синонимами, а используемые почвовосстановительные культуры для этих целей -сидеральные культуры или сидераты [1, 2].

Бурачник лекарственный (*Borago officinalic* L.) по данным иностранных источников, широко используется в качестве универсальной культуры с функциями медоноса, овощного растения, а также сидерата [3, 4].

Процессы восстановления почвы, культурой бурачника лекарственного включают: улучшение структуры почвы, за счёт разрыхлительного эффекта мощной корневой системой; обогащение питательными микроэлементами; оказывает санитарный эффект, за счет содержания эфирных масел, отпугивающих вредных насекомых; а также угнетение сорной растительности за счёт быстрого роста и быстрого смыкания рядов [5, 6].

Цель работы: оценить биопотенциал бурачника лекарственного при возделывании его в качестве сидеральной культуры по показателям биомассы и содержанию микроэлементов (N, P, K) в растениях.

Для достижения цели, были поставлены следующие **задачи**:

– определить продуктивность бурачника лекарственного в качестве сидерата;

– провести анализ элементного состава растительной массы;

– оценить эффективность бурачника лекарственного в качестве сидерата.

Материалы и методы:

Исследования проводились в полевом опыте, заложенном на территории Ботанического сада им. профессора Б.М. Козо-Полянского Воронежского государственного университета.

Сухую биомассу растений измеряли в трёх повторностях, в различных вегетационных фазах: фаза бутонизации, фаза цветения и фаза созревания.

Для исследования количества основных питательных эементах в растения, применялись следующие методы:

- Определение сырой золы, методом сухого озоления;

- Определение фосфора в золе растений методом Дениже;

- Определение общего азота и калия в одной навеске.

Результаты исследований:

Динамика подземной и надземной фитомассы бурачника лекарственного по фазам вегетации. Фаза бутонизации. Масса надземной фитомассы в этот период составила 47,1 ц/га, подземной – 6,4 ц/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность в ц/га сухой зеленой массы и подземной фитомассы *Borago officinalis* сорта «Гном» в фазу бутонизации.

Тип фитомассы	Урожайность, X±Sx	max	min
Зеленая	47,1±0,31	49,7	44,3
Подземная	6,4±0,07	7,2	5,8

Фаза цветения. Урожайность зеленой фитомассы бурачника лекарственного в период цветения сотавила 135,3 ц/га, подземной – 11,3 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность в ц/га сухой зеленой массы и подземной фитомассы *Borago officinalis* сорта «Гном» в фазу цветения

Тип фитомассы	Урожайность, X±Sx	max	Min
Зеленая	135,3±0,37	139,3	132,7
Подземная	11,3±0,12	12,6	10,2

Фаза начала созревания семян. Исследованиями определено, что урожайность зеленой массы бурачника лекарственного в фазе созревания семян составляет 135,3 ц/га, а подземной фитомассы – 11,3 ц/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность в ц/га сухой зеленой массы и подземной фитомассы *Borago officinalis* сорта «Гном» в фазу созревания

Тип фитомассы	Урожайность, X±Sx	max	Min
Зеленая	89,6±0,29	91,5	87,2
Подземная	6,8±0,07	7,5	6,3

Установлено, что максимальная продуктивность подземной и надземной фитомассы для бурачника лекарственного характерна для фазы цветения, когда и корни и стебли имеют максимальную массу, для фазы созревания семян характерно уплотнение и подсыхание стеблей, что и связано со снижением фитомассы, а минимальная фитомасса характерна для фазы бутонизации, из-за то что растение ещё не набрало оптимальную величину.

Таблица 4 – Валовое содержание питательных элементов (N, P, K) и сырой золы в *Borago officinalis* сорта «Гном»

Вид растительного материала	N, %	P_2O_5, %	K_2O, %	Сырая зола, %
Лист	6,933	4,2	4,086	27,112
Стебель	2,499	5,95	12,239	24,633
Корень	0,017	7,04	6,907	25,292

Установлено, что азот преимущественно накапливается в листьях, относительно стебля и корня. Это может быть связано с ролью азота в процессах фотосинтеза и белкового синтеза, которые наиболее активны в листовых тканях.

Содержание фосфора преобладает в корне бурачника лекарственного, что обусловлено физиологическими функциями фосфора и спецификой его распределения в растении.

Максимальное накопление калия в бурачнике лекарственном наблюдается в стебле, по сравнению с листьями и корневой системой. Это распределение отражает особенности органов растения и роль калия в его жизнедеятельности.

Результаты выноса питательных элементов при заделке в почву бурачника лекарственного. Фаза бутонизаци. В результате анализа полученных данных и расчетов установлено, что для фазы бутонизации общий вынос азота 44,436 кг/га, фосфора 523,121 кг/га, и калия 81,311 кг/га (таблица 5).

Таблица 5 – Комплексный вынос азота, фосфора, калия в тоннах на гектар *Borago officinalis* сорта «Гном» в фазе бутонизации

Тип фитомассы	N, кг/га	P_2O_5, кг/га	K_2O, кг/га
Зеленая	44,42472	478,0,5	76,89075
Подземная	0,01088	45,0,6	4,42048
Общая	44,4356	523,121	81,31123

Фаза цветения. Одновременно с этим установлено, что для фазы цветения общий вынос азота 127,615 кг/га, фосфора 1452,847 кг/га, и калия 228,682 кг/га (таблица 6).

Таблица 6 – Комплексный вынос азота, фосфора, калия в тоннах на гектар *Borago officinalis* сорта «Гном» в фазе цветения

Тип фитомассы	N, кг/га	P_2O_5, кг/га	K_2O, кг/га
Зеленая	127,61496	1373,295	220,87725
Подземная	0,01921	79,552	7,80491
Общая	127,63417	1452,847	228,68216

Фаза созревания. Вместе с тем установлено, что для фазы созревания общий вынос азота 84,523 кг/га, фосфора 957,312 кг/га, и калия 150,969 кг/га (таблица 7).

Таблица 7 – Комплексный вынос азота, фосфора, калия в тоннах на гектар *Borago officinalis* сорта «Гном» в фазе созревания

Тип фитомассы	N, кг/га	P_2O_5, кг/га	K_2O, кг/га
Зеленая	84,51072	909,44	146,272
Подземная	0,01156	47,872	4,69676
Общая	84,52228	957,312	150,96876

Согласно полученных данных нами установлено, что максимальный вынос питательных веществ (NPK) характерен для фазы цветения, что может быть связано с активным ростом фитомассы, цветением и формированием репродуктивных органов этот период.

Одновременно с этим обнаружено преобладание количества выносимого фосфора на азот и калием., что связанно с преобладанием этого элемента в растении.

Выводы

1. Результаты исследования подтверждают, что максимальная подземная и надземная фитомасса бурачника лекарственного формируется в фазе цветения — в сравнении с фазами бутонизации и созревания семян. В фазе цветения растение достигает пика биопродуктивности: активно наращивает листья, стебли и соцветия.

2. Анализ распределения основных макроэлементов (азота, фосфора и калия) в органах бурачника лекарственного (Borago officinalis L.) выявил чёткую органоспецифичность их накопления, что отражает функциональные особенности разных частей растения:

- Азот преобладает в листьях, это связано с ключевой ролью азота в фотосинтезе.
- Фосфор в большей степени накапливается в корневой системе, корень — это центр энергетического обмена: фосфор входит в состав АТФ, обеспечивающего работу ионных насосов и поглощение минералов. В корнях также запасаются фосфаты (в т. ч. в форме фитина) для последующего использования в периоды активного роста. В надземных органах (листьях и стебле) концентрация фосфора ниже, поскольку его основная функция здесь — поддержка метаболизма.
- Калий накапливается в стебле растения, обеспечивая его плотность и устойчивость к полеганию растений

3. В результате исследований было выявлено, что самым оптимальным сроком заделки в почву бурачника лекарственного является фаза цветения. Именно в этот период наблюдается максимальное содержание азота, фосфора и калия.

Благодарности: работа выполнена в реализации проекта «Биологическая рекультивация деградированных почв с использованием Бораго (Borago officinalis)»

при поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям), в рамках программы «Студенческий стартап» по Договору №1245ГССС27/108072.

Список литературы

1. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики / К.И. Довбан // Минск: Белорус. наука. – 2009. – 404 с.

2. Стрельников Е. А. Масличные капустные культуры - перспективный высокоэффективный сидерат / Е. А. Стрельников, Л. А. Горлова, Э. Б. Бочкарева, В. С. Трубина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 12-1. – С. 125-131.

3. University of Maryland Extension. – Borage (Borago officinalis). – 2023.

4. University of Illinois Extension. – Borage : Herbs. – 2024.

5. Ibrahim M.F. Synergistic impacts of organic modifications and foliar phytostimulants on soil properties and borage performance. 2025

6. Khamare Y., et al. Allelopathy and its application as a weed management tool. Front. Agron. 2022

References

1. Dovban K.I. Green Manure in Modern Agriculture: Theoretical and Practical Issues / K.I. Dovban // Minsk: Belarusian Science. - 2009. - 404 p.

2. Strelnikov E. A. Oilseed Brassica Crops - a Promising Highly Effective Green Manure / E. A. Strelnikov, L. A. Gorlova, E. B. Bochkareva, V. S. Trubina // International Journal of Humanities and Natural Sciences. - 2018. - No. 12-1. - P. 125-131.

3. University of Maryland Extension. Borage (Borago officinalis). 2023

4. University of Illinois Extension. Borage | Herbs. 2024

5. Ibrahim M.F., et al. Synergistic impacts of organic modifications and foliar phytostimulants on soil properties and borage performance. 2025

6. Khamare Y., et al. Allelopathy and its application as a weed management tool. Front. Agron. 2022

УДК 635.498

DOI: 10.58168/EnvPr2026_316-321

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ *BORAGO OFFICINALIS* С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ

FEATURES OF BORAGO OFFICINALIS CULTIVATION TECHNOLOGY FOR IMPROVING SOIL ECOLOGICAL CONDITION

Селявкина Д.Р., бакалавр 4 курс Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Россия, Воронеж

Девятова Т.А., доктор биологических наук, профессор Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Россия, Воронеж

Румянцева И.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Россия, Воронеж

Наседкин Н.Е., аспирант 2 курса Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Россия, Воронеж

Голубева Д.Е., бакалавр 4 курс Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Россия, Воронеж

Храмченкова А.В., бакалавр 4 курс Медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «ВГУ», Россия, Воронеж

Selyavkina D.R., Bachelor's degree, 4th year, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Devyatova T.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Rumyantseva I.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Nasedkin N.E., 2nd year postgraduate student at the Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Golubeva D.E., Bachelor's degree, 4th year, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Khramchenkova A.V., Bachelor's degree, 4th year, Faculty of Medicine and Biology, VSU, Voronezh, Russia

Аннотация: в статье рассматриваются особенности технологии выращивания *Borago officinalis L.* сорта «Гном» в условиях лесостепи Центрально-Черноземного района (ЦЧР) с целью последующего улучшения экологического состояния почв. Анализ гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК=0,924) позволил охарактеризовать период вегетации как слабозасушливый. Полученные данные показали прямую зависимость морфо-биологических показателей *Borago officinalis L от условия увлажнения.* В результате подтверждается, пригодность сорта «Гном» для выращивания в условиях ЦЧР как перспективной культуры для сидерации и получения ценного сырья.

Abstract: This article examines the specific characteristics of cultivating *Borago officinalis* L., variety "Gnom," under the conditions of the forest-steppe zone of the Central Chernozem Region (CCR). The primary objective is to subsequently improve the ecological condition of soils. An analysis of the Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC = 0.924) characterized the growing period as slightly arid. The obtained data revealed a direct dependence of the morpho-biological parameters of *Borago officinalis* L. on moisture conditions. The results confirm the suitability of the "Gnom" variety for cultivation in the CCR conditions as a promising crop for green manuring (green fertilizer) and for obtaining valuable raw materials.

© Селявкина Д. Р., Девятова Д. А., Румянцева И. В., Наседкин Н. Е., Голубева Д. Е., Храмченкова А. В., 2026

Ключевые слова: *Borago officinalis L.*, морфо-биологические показатели, ГТК, сорт «Гном», ЦЧР.

Keywords: *Borago officinalis* L., morpho-biological indicators, hydrothermal coefficient (HTC), variety "Gnom", CCR.

Введение: Бурачник лекарственный *(Borago officinalis L.)* – однолетнее травянистое растение семейства Бурачниковых, представляет собой перспективную универсальную культуру для хозяйственной деятельности человека, которая активно выращивается и используется во многих сферах [1]. *Borago officinalis L.* применяется как пищевая, медоносная и почвовоччтановительная культура. Также, благодаря высокому содержанию гамма-линоленовой кислоты (ГЛК), растение применяется и в фармацевтической промышленности многих стран. Исследования показывают, что содержание ГЛК в масле семян бурачника составляет от **26 % до 38 %** от общего количества жирных кислот. Помимо этого, в нем содержится много жирных кислот, таких как линолевая кислота (35–38 %), олеиновая кислота (16–20 %), пальмитиновая кислота (10–11 %) и стеариновая кислота (3,5–4,5 %) [4]. В России же, поскольку *Borago officinalis L.* не входит в Государственный реестр лекарственных средств, отсутствует практика использования этой культуры в качестве лекарственного сырья. В связи с этим в нашей стране агротехника его рентабельного выращивания в природных условиях России отсутствует [5].

Цель исследования: комплексная оценка основных морфо-биологических показателей *Borago officinalis L*, выращиваемого на черноземе выщелоченном в условиях лесостепи ЦЧР, с применением минеральных удобрений.

Объект исследования: для работы использовался сорт «Гном» *Borago officinalis L.* Сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [2]. Исследования проводились в полевом опыте на территории ботанического сада им. Козо-Полянского в 2025 году. Схема опыта на рисунке 1:

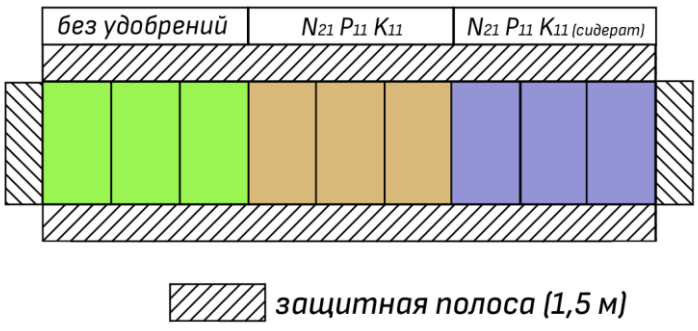


Рис. 1. Схема полевого опыта по выращиванию *Borago officinalis L.*

Были изучены такие морфо-биологические показатели, как: высота растения, диаметр куста, диаметр стебля, длина соцветия. Они влияют на потенциальную урожайность, а также являются адаптивными признаками к условиям произрастания. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Статистические показатели морфо-биологических признаков *Borago officinalis L.* сорта «Гном»

Определяемый показатель, см	Статистический показатель	Сорт «Гном»
Высота растений	$x \pm s_x$	72,73±0,9
	min-max	65 – 82
	V, %	6,49
Диаметр куста	$x \pm s_x$	37,32±0,9
	min-max	30,25 – 47,45
	V, %	7,99
Диаметр стебля	$x \pm s_x$	2,45±0,5
	min-max	2,23 – 2,71
	V, %	6,52
Длина соцветия	$x \pm s_x$	30,55±0,0
	min-max	22,1 – 38,7
	V, %	16,03

Высота растения является одним из ведущих морфо-биологических показателей растения, который напрямую зависит от условия произрастания. Среднее значение показателя высоты растения составляет 72,73 см. Максимальная величина высоты растения достигает 82 см, минимальная – 65 см, что соответствует стандартным значениям для данного растения (60-100 см) [1]. Разница между самым низким и самым высоким растением в выборке составила 17 см. Это указывает на наличие внутрисортовой изменчивости по данному признаку. Коэффициент варьирования высоты растений у исследуемого сорта невысокий и составляет 6,49 %. Таким образом, такой признак как высота растения является ценным селекционным признаком.

Диаметр куста также является важным морфо-биологическим признаком *Borago officinalis L.*, так как разветвленность куста определяет будущую продуктивность растения. Средний диаметр куста составляет 37,32 см, с максимальным значением – 47,45 см, минимальным – 30,25 см. Коэффициент варьирования по диаметру куста является низким и составляет 7,99 %.

Диаметр стебля также определяет количество зеленой массы растения, поэтому также является важной морфо-биологической характеристикой. Стебель *Borago officinalis L.* прямостоячий, вверху ветвистый, 40-80 см высотой, опушенный [3]. Средний диаметр стебля составляет 2,45 см при минимальном значении – 2,23, и максимальном – 2,71 см. Размах значений составляет менее 0,5 см, что указывает на однородность сорта. Коэффициент вариации, как и у выше перечисленных признаков, является низким (V, % = 6,52%).

Длина соцветий является основным морфо-биологическим показателем, который влияет на нектаропродуктивность растения и урожай семян. Максимальная длина соцветий составляет 38,7 см, а минимальная – 22,1 см при среднем значении 30,55 см, что указывает на **мощное развитие генеративного органа** и характеризует данный сорт как перспективный медонос. В отличие от остальных признаков, коэффициент вариации достигает среднего показателя (V, % = 16**,03**), что указывает на то, что данный признак для сорта «Гном» является наиболее изменчивым.

На морфо-биологические показатели влияет **гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК), приведенный в таблице 2:**

Таблица 2

Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова

Месяц	Сумма осадков	Сумма температур за период температур выше +10°С	ГТК
Май	0	128,45	0,924
Июнь	64,8	552,1	
Июль	68,6	724,45	
Август	60,3	553,75	
Сентябрь	5,5	273,75	
Октябрь	10,5	37,5	
Итого:	209,7	2270	

Значение ГТК в 2025 можно охарактеризовать как слабозасушливый показатель, что указывает на недостаток влаги в период вегетации *Borago officinalis L*. Это также сказалось на его морфо-биологических признаках.

Borago officinalis L. является влаголюбивым растением. При нормальном увлажнении, его высота достигала бы верхней границе нормы (100 см) [1]. Невысокий коэффициент вариации (V, % = 6,49%) говорит о том, что все растения росли в одинаковых засушливых условиях и реагировали на них идентично.

Компактный диаметр куста (37,32 см) также является это прямой реакцией на данный показатель ГТК. Ограниченность *Borago officinalis L.* к активному ветвлению характерно при таких засушливых условиях.

Коэффициент вариации длины соцветия (V, % = 16,03) показывает на различия растений в адаптации к засушливым условиям.

Для данного уровня увлажнения для *Borago officinalis L.* характерна менее мощная сосудистая система стебля, чем при идеальном уровне увлажнения. Диаметр стебля стабильно невысок (V, % = 6,52%), что свидетельствует о том, что все растения произрастали в одинаковых засушливых условиях и реагировали на них идентично.

Выводы. Проведенный морфометрический анализ растения *Borago officinalis L.* сорта «Гном» показал, что растения характеризуются средней высотой (72,73 см) и компактным диаметром куста (37,32 см). Умеренная вариативность диаметра куста (V, % = 7,99) свидетельствует о способности данного сорта адаптироваться к условиям окружающей среды. Коэффициенты вариации изученных признаков находятся в диапазоне от 6,49 % до 16,03 %, и показывает однородность выборки. Таким образом, сорт «Гном» *Borago officinalis L.* можно охарактеризовать как стабильный и среднерослый.

Благодарности: работа выполнена в рамках реализации проекта «Биологическая рекультивация деградированных почв с использованием Бораго (Borago officinalis)» при поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям), в рамках программы «Студенческий стартап» по Договору №1245ГССС27/108072.

Список литературы

1. Бурмистров А.Н. Медоносные растения и их пыльца: Справочник / А.Н. Бурмистров, В.А. Никитина. — М. : Россельхозиздат, 1990 — С. 56-57.

2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). — М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 680 с.

3. Ляшенко С.С. Морфолого-анатомическое исследование травы бурачника лекарственного / С.С. Ляшенко, М.А. Галкин, О.Н. Денисенко // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. — Пятигорск, 2011. — Вып. 66. — С. 146–149.

4. Asadi-Samani M, Bahmani M, Rafieian-Kopaei M. The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of Borago officinalis: a review / M. Asadi-Samani, M. Bahamani, M. Rafieian-Kopaei // Asian Pac J Trop Med. 2014.

5. Smith J.A. European Borage (Borago officinalis L.) Yield and Profitability under Different Irrigation Systems / J. A. Smith, L. M. Brown //Journal of Medicinal Plants Research. — 2023. — Т. 15, № 4. — С. 123–135.

References

1. Burmistrov A.N. Honey Plants and Their Pollen: Handbook / A.N. Burmistrov, V.A. Nikitina. - Moscow: Rosselkhozizdat, 1990. - Pp. 56-57.

2. State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. "Plant Varieties" (official publication). - Moscow: Rosinformagrotech, 2020. - 680 p.

3. Lyashenko S.S. Morphological and Anatomical Study of Borage Herb / S.S. Lyashenko, M.A. Galkin, O.N. Denisenko // Development, Research, and Marketing of New Pharmaceutical Products: Collection of scientific papers. - Pyatigorsk, 2011. - Issue 66. - Pp. 4. Asadi-Samani M, Bahmani M, Rafieian-Kopaei M. The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of Borago officinalis: a review / M. Asadi-Samani, M. Bahamani, M. Rafieian-Kopaei // Asian Pac J Trop Med. 2014.

5. Smith J.A. European Borage (Borago officinalis L.) Yield and Profitability under Different Irrigation Systems / J. A. Smith, L. M. Brown // Journal of Medicinal Plants Research. - 2023. - T. 15, No. 4. - P. 123–135.

УДК 631.1:311
DOI: 10.58168/EnvPr2026_322-328

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ (2020–2024 ГГ.)

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL LAND USE IN THE VORONEZH REGION (2020–2024)

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Иманалиев Бакытбет Табылдыевич, заведующий отделом селекции и первичного семеноводства, Кыргызский научно-исследовательский институт земледелия имени К.К. Азыкова, Кыргызская Республика

Imanaliev Bakytbet Tabyldyevich, Head of the Department of Selection and Primary Seed Production, Kyrgyz Research Institute of Agriculture named after K.K. Azykov, Kyrgyz Republic

Писарев А.Е., аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Pisarev A.E., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Желенков О.Г., аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Zhelenkov O.G., Postgraduate Student, Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлены результаты многомерного анализа эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения Воронежской области за 2020–2024 гг. На основе данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области (статистический сборник, 2025) оценены пространственно-временные изменения посевных площадей, валовых сборов и урожайности зерновых культур, а также поголовья крупного рогатого скота и продуктивности молочного стада. С использованием методов многомерного анализа (ранжирование, кластеризация, расчёт интегральных показателей) выявлены муниципальные районы с наиболее высокой и низкой эффективностью сельскохозяйственного производства. Показано, что различия в урожайности зерновых между лидирующими и отстающими районами достигают двух раз (45,8 ц/га против 20,3 ц/га), а в продуктивности молочного стада — более чем в три раза (11 883 кг против 3 163 кг на корову). Предложенный подход может быть использован для обоснования мер государственной поддержки и оптимизации региональной агропродовольственной политики.

Abstract: The article presents the results of a multidimensional analysis of the efficiency of agricultural land use in the Voronezh region for 2020–2024. Based on data from the Territorial Body of the Federal State Statistics

© Яковенко Н. В., Иманалиев Б. Т., Писарев А. Е., Желенков О. Г., 2026

Service for the Voronezh Region (Statistical Compendium, 2025), spatio-temporal changes in sown areas, gross yields and grain crop productivity, as well as the number of cattle and dairy herd productivity, were assessed. Using multidimensional analysis methods (ranking, clustering, calculation of integral indicators), municipal districts with the highest and lowest efficiency of agricultural production were identified. It is shown that the differences in grain yields between the leading and lagging districts reach two-fold (45.8 c/ha vs. 20.3 c/ha), and in dairy herd productivity – more than three-fold (11,883 kg vs. 3,163 kg per cow). The proposed approach can be used to justify state support measures and optimize regional agri-food policy.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, эффективность использования земель, многомерный анализ, Воронежская область, урожайность, продуктивность животноводства, статистический мониторинг.

Keywords: agricultural lands, land use efficiency, multidimensional analysis, Voronezh region, crop productivity, livestock productivity, statistical monitoring.

Введение. Воронежская область является одним из ключевых аграрных регионов России, традиционно входя в тройку лидеров по объему производства сельскохозяйственной продукции (Коммерсантъ, 2024). По итогам 2023 года регион занял третье место в стране с объемом продукции 356,5 млрд рублей (Индекс производства — 103,3%) (Врникц.ру, 2024). Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет более 4,2 млн га, из которых около 76% приходится на пашню. За период 2020–2024 гг. динамика посевных площадей носила разнонаправленный характер: в 2020 году было засеяно 3,296 млн га (Росстат, 2020), к 2023 году площадь несколько сократилась до 3,268 млн га (Росстат, 2023), а в 2024 году вновь увеличилась до 2,361 млн га (Myseldon.com, 2024). Однако, несмотря на высокие валовые сборы по отдельным культурам — например, зерновых в 2020 году было собрано 6,168 млн тонн (Горком36, 2020), — сохраняется неоднородность в использовании земельных ресурсов, что подтверждается данными о деградации почв и сокращении продуктивности в ряде районов (Медведева Т.Н. и др., 2023). В связи с этим, многомерный анализ эффективности землепользования, основанный на интегральных показателях (Медведева, Артамонова, 2022) и кластеризации (Иванов и др., 2023), становится актуальным инструментом для объективной диагностики пространственных и экономических диспропорций.

Цель исследования — проведение многомерной оценки динамики использования сельскохозяйственных земель Воронежской области за 2020–2024 гг. с выявлением факторов, влияющих на показатели эффективности землепользования.

Материалы и методы. Для оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель был применён многомерный подход, включающий последовательную реализацию трёх этапов. На первом этапе выполнена стандартизация исходных показателей, то есть приведение их к безразмерному виду по формуле $Z_i = (X_i - \bar{X})/\sigma$, где X_i– значение показателя для i-го района, $\bar{X}$– среднее по всем районам, а σ–

стандартное отклонение. На втором этапе рассчитаны два интегральных показателя: эффективность растениеводства (как среднее стандартизованных значений урожайности зерновых и обратного показателя потерь, равного отношению валового сбора к посевной площади) и эффективность животноводства (как среднее стандартизованных значений поголовья крупного рогатого скота, поголовья коров и надоя молока на одну корову). На третьем этапе выполнена кластеризация муниципальных районов методом k-средних (с числом кластеров k=4) на основе полученных интегральных показателей для выделения типологических групп. Все расчёты реализованы в среде Python с использованием библиотек pandas, numpy, scikit-learn и matplotlib.

Источники данных. Основой исследования послужил статистический сборник «Показатели экономического и социального развития городских округов и муниципальных районов Воронежской области» (Воронежстат, 2025). Для анализа отобраны следующие показатели: посевная площадь зерновых культур, га (данные за 2024 г.); валовой сбор зерна, тыс. ц (2024 г.); урожайность зерновых, ц/га (расчётный показатель); поголовье крупного рогатого скота (КРС) на начало 2025 г., голов; поголовье коров на начало 2025 г., голов; производство молока, т (2024 г.); надой молока на одну корову, кг (расчётный показатель).

Из анализа исключены три городских округа (г. Воронеж, г. Нововоронеж, Борисоглебский) из-за незначительной доли сельскохозяйственных земель и специфики хозяйствования.

Результаты

В таблице 1 приведены основные статистики по ключевым показателям сельскохозяйственного производства в муниципальных районах области за 2024 г. (для животноводства – данные на начало 2025 г.).

Таблица 1 – Описательные статистики по 31 муниципальному району

Показатель	Среднее	Стандартное отклонение	Минимум (район)	Максимум (район)
Урожайность зерновых, ц/га	29,6	6,6	20,3 (Богучарский)	45,8 (Нижнедевицкий)
Посевная площадь зерновых, га	42 300	15 200	20 457 (Каменский)	73 883 (Россошанский)
Поголовье КРС, голов	11 800	14 800	1 409 (Верхнехавский)	74 170 (Лискинский)
Поголовье коров, голов	4 860	5 820	512 (Борисоглебский)*	26 101 (Лискинский)
Надой на корову, кг	7 580	2 210	3 163 (Рамонский)	11 883 (Бобровский)

Борисоглебский округ не включён в основную выборку, но для справки – минимальное среди районов.

Разброс значений свидетельствует о высокой гетерогенности районов. Коэффициент вариации урожайности составляет 22%, по поголовью КРС – 125%, что говорит о гораздо большей дифференциации в животноводстве.

На основе стандартизованных значений рассчитаны два интегральных показателя: I_{раст} (эффективность растениеводства) и I_{жив} (эффективность животноводства). Ранги районов по интегральным показателям представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Топ-5 и аутсайдеры по эффективности растениеводства и животноводства

Место	Растениеводство (I_{раст})	Животноводство (I_{жив})
1	Нижнедевицкий (+1,8 σ)	Лискинский (+2,1 σ)
2	Новоусманский (+1,6 σ)	Бобровский (+1,9 σ)
3	Аннинский (+1,3 σ)	Аннинский (+1,1 σ)
4	Бобровский (+1,2 σ)	Павловский (+0,8 σ)
5	Хохольский (+1,0 σ)	Каменский (+0,7 σ)
…	…	…
27	Петропавловский (-1,1 σ)	Кантемировский (-0,9 σ)
28	Богучарский (-1,2 σ)	Петропавловский (-1,0 σ)
29	Кантемировский (-1,3 σ)	Верхнехавский (-1,1 σ)
30	Верхнемамонский (-1,4 σ)	Репьевский (-1,3 σ)
31	Подгоренский (-1,5 σ)	Рамонский (-1,5 σ)

Лидеры растениеводства (Нижнедевицкий, Новоусманский, Аннинский, Бобровский, Хохольский) имеют урожайность зерновых выше 38 ц/га и относительно высокие валовые сборы. Аутсайдеры (Богучарский, Кантемировский, Верхнемамонский, Петропавловский, Подгоренский) – преимущественно юго-восточные и восточные районы с менее благоприятными почвенно-климатическими условиями (близость к сухостепной зоне). В животноводстве явными лидерами являются Лискинский, Бобровский, Аннинский, Павловский, Каменский районы. Они обладают крупными молочными комплексами и высокой продуктивностью стада. Самый низкий интегральный показатель – у Рамонского района, где при значительном поголовье КРС (66 488 голов) надой на корову составляет лишь 3 163 кг (что в 3,8 раза ниже, чем в Бобровском районе). Это указывает на экстенсивную систему содержания скота (вероятно, мясное скотоводство).

Методом k-средних (k=4) районы разделены на четыре кластера (рисунок 1).

- Кластер 1 (Высокоэффективные) – 4 района: Аннинский, Бобровский, Лискинский, Нижнедевицкий. Отличаются высокими значениями обоих интегральных показателей (растениеводство + животноводство). Это основные аграрные локомотивы области.
- Кластер 2 (Растениеводческие) – 9 районов, включая Новоусманский, Хохольский, Верхнехавский. Характеризуются высокими урожаями зерновых, но средними или низкими показателями животноводства.

- Кластер 3 (Животноводческие) – 6 районов: Павловский, Каменский, Калачеевский, Острогожский, Россошанский и др. Показывают относительно высокие надои и поголовье при средней или ниже средней урожайности.
- Кластер 4 (Низкоэффективные) – 12 районов, преимущественно юго-восточные (Богучарский, Кантемировский, Петропавловский, Верхнемамонский, Подгоренский, Таловский, Терновский и др.). Имеют низкие значения по обоим направлениям.

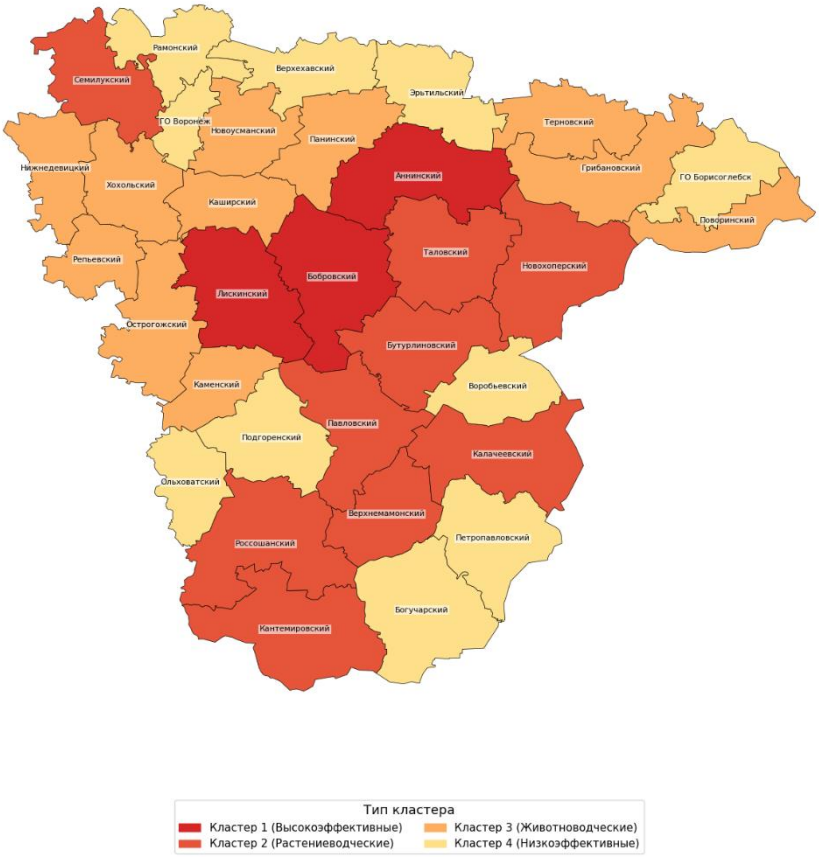


Рисунок 1 – Карта-схема кластеров муниципальных районов Воронежской области

За пятилетний период произошли следующие изменения (на основе анализа среднегодовых темпов прироста):

- Урожайность зерновых по области снизилась с 40,6 ц/га в 2020 г. до 29,6 ц/га в 2024 г. (падение на 27%), что связано с неблагоприятными погодными условиями в отдельные годы (засуха 2024 г.). Однако в структуре районов сохранилась та же дифференциация.
- Надой молока на корову в сельхозорганизациях вырос с 8 130 кг до 9 847 кг (прирост 21%). Наибольший рост – в Бобровском (с 9 618 до 11 883 кг), Лискинском (с 9 088 до 10 959 кг).
- Поголовье КРС сократилось на 17% (с 514,9 тыс. до 424,9 тыс. голов). Снижение произошло во всех кластерах, но в высокоэффективных районах оно было менее значительным.

Заключение. Применение многомерного анализа к статистическим данным сельского хозяйства Воронежской области позволило объективно ранжировать муниципальные районы по эффективности использования земель и выделить четыре типологические группы. Наиболее успешными являются Аннинский, Бобровский, Лискинский и Нижнедевицкий районы, где высоко как растениеводство, так и животноводство. С другой стороны, юго-восточные районы (Богучарский, Кантемировский, Петропавловский, Верхнемамонский, Подгоренский) требуют адресных мер поддержки. Предложенный интегральный подход может быть рекомендован органам управления АПК региона для мониторинга и корректировки программ развития сельского хозяйства. Дальнейшие исследования могут быть направлены на включение в анализ экономических показателей (рентабельность, субсидии на га) и спутниковых данных NDVI для объективизации оценки состояния посевов.

Список литературы

1. Аграрии держат марку // Коммерсантъ. – 2024. – 31 июля. (Коммерсантъ, 2024)

2. Воронежская область вышла на третье место в России по производству сельскохозяйственной продукции // Врникц.ру. – 2024. – 2 окт. (Врникц.ру, 2024)

3. Иванов Н.И., Анисимов М.Н., Анисимова Т.В. Анализ использования земель сельскохозяйственного назначения в Центральном федеральном округе методами многомерного статистического анализа // [Журнал]. – 2023. (Иванов и др., 2023)

4. Кирейчева Л.В., Шевченко В.А. Оценка эффективности использования сельскохозяйственных угодий в агропроизводстве // Аграрная наука. – 2021. – № 11. – С. 45–52. (Кирейчева, Шевченко, 2021)

5. Медведева Т.Н., Артамонова И.А. Методика интегральной оценки эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения // Вестник Курганской ГСХА. – 2022. – № 2 (42). – С. 64–68. (Медведева, Артамонова, 2022)

6. Медведева, Т. Н. Методики оценки эффективности использования сельскохозяйственных угодий / Т. Н. Медведева, И. А. Артамонова // Научное обозрение: теория и практика. – 2018. – № 2. – С. 37-47. – EDN YVQSCU.

7. Рекорды воронежского АПК // Pavlovskij-r20.gosweb.gosuslugi.ru. – 2024. (Pavlovskij-r20.gosweb.gosuslugi.ru, 2024)

8. Хлеб всему голова: пшеница спасла сельхозпоказатели Воронежской области // Горком36. – 2020. – 24 дек. (Горком36, 2020)

References

1. Farmers Maintain Brand // Kommersant. – 2024. – July 31. (Kommersant, 2024)

2. Voronezh Region Ranks Third in Russia in Agricultural Production // Vrnikts.ru. – 2024. – October 2. (Vrnikts.ru, 2024)

3. Ivanov, N.I., Anisimov, M.N., Anisimova, T.V. Analysis of Agricultural Land Use in the Central Federal District Using Multivariate Statistical Analysis // [Journal]. – 2023. (Ivanov et al., 2023)

4. Kireycheva, L.V., Shevchenko, V.A. Assessment of Agricultural Land Use Efficiency in Agricultural Production // Agrarian Science. – 2021. – No. 11. – P. 45–52. (Kireycheva, Shevchenko, 2021)

5. Medvedeva T.N., Artamonova I.A. Methodology for integrated assessment of the efficiency of agricultural land use // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. – 2022. – No. 2 (42). – P. 64–68. (Medvedeva, Artamonova, 2022)

6. Medvedeva, T.N. Methods for assessing the efficiency of agricultural land use / T.N. Medvedeva, I.A. Artamonova // Scientific review: theory and practice. – 2018. – No. 2. – P. 37–47. – EDN YVQSCU.

7. Records of the Voronezh Agricultural Complex // Pavlovskij-r20.gosweb.gosuslugi.ru. – 2024. (Pavlovskij-r20.gosweb.gosuslugi.ru, 2024)

8. Bread is the head of everything: wheat saved agricultural indicators in the Voronezh region // Gorkom36. – 2020. – December 24. (Gorkom36, 2020)

УДК 712.4:796.03

DOI: 10.58168/EnvPr2026_329-332

КРИТЕРИИ ОТБОРА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ОЛИМПИЙСКИХ ПАРКОВ В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЛИМПИЙСКОГО ПАРКА)

DEVELOPMENT OF SELECTION CRITERIA FOR TREE AND SHRUB SPECIES FOR LANDSCAPING OLYMPIC PARKS UNDER HUMID SUBTROPICAL CLIMATE CONDITIONS (USING THE OLYMPIC PARK AS AN EXAMPLE)

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Подласкина С.Ю., соискатель Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yakovenko N.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Podlaskina S.Yu., Candidate of the Academic Degree of the Forestry Faculty of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлена система критериев отбора древесно-кустарниковых растений для озеленения олимпийских парков в условиях влажных субтропиков на примере Олимпийского парка в Сочи. На основе анализа нормативных документов (Минприроды России, 2011; СанПиН 1567-76; ITF, 2020) и научной литературы разработана иерархическая система из 5 групп критериев (функционально-эксплуатационные, экологические, фитосанитарные, архитектурно-декоративные, агротехнические) с весовыми коэффициентами, определёнными методом парных сравнений. Установлены обязательные ограничения по аллергенности, травмоопасности, инвазивности, затенению и листопаду. Предложена балльная шкала (0–3) для 22 параметров и формула расчёта интегрального балла I (0–100). Проведена апробация на 25 видах, рекомендованных Никитским ботаническим садом. Наивысшие баллы (≥90) получили *Sabal palmetta* (95,8), *Cupressus sempervirens* (91,4), *Olea europaea* (90,2). Виды с $I < 60$ (платан, берёза, грецкий орех) исключены из ассортимента для зон массового пребывания. Разработаны блок-схема алгоритма проверки ограничений и схема расчёта теневых зон. Предложенная методика может быть использована при проектировании озеленения олимпийских и других крупных спортивных объектов в субтропическом регионе.

Abstract: The article presents a system of criteria for selecting tree and shrub plants for landscaping Olympic parks in humid subtropical conditions using the Olympic Park in Sochi as a case study. Based on an analysis of regulatory documents (Ministry of Natural Resources of Russia, 2011; SanPiN 1567-76; ITF, 2020) and scientific literature, a hierarchical system of 5 groups of criteria (functional–operational, ecological, phytosanitary, architectural–decorative, agrotechnical) was developed, with weighting coefficients determined by the pairwise comparison method. Mandatory restrictions on allergenicity, injury hazard, invasiveness, shading, and leaf fall were established. A point

© Яковенко Н. В., Подласкина С. Ю., 2026

scale (0–3) for 22 parameters and a formula for calculating the integral score I (0–100) were proposed. The methodology was tested on 25 species recommended by the Nikitsky Botanical Garden. The highest scores (≥90) were obtained by *Sabal palmetta* (95.8), *Cupressus sempervirens* (91.4), and *Olea europaea* (90.2). Species with I < 60 (plane tree, birch, walnut) were excluded from the assortment for high-traffic areas. A flowchart of the restriction checking algorithm and a diagram for calculating shade zones were developed. The proposed methodology can be used for landscaping design of Olympic and other major sports facilities in subtropical regions.

Ключевые слова: олимпийский парк, озеленение, критерии отбора, древесно-кустарниковые растения, интегральная оценка, субтропики, Сочи, *Sabal palmetta*, *Cupressus sempervirens*, затенение, инвазивность

Keywords: Olympic Park, landscaping, selection criteria, tree and shrub plants, integral assessment, subtropics, *Sabal palmetta*, *Cupressus sempervirens*, shading, invasiveness.

Введение. Олимпийские объекты предъявляют повышенные требования к озеленению, которое должно сочетать декоративность, безопасность спортсменов и зрителей, устойчивость к техногенной нагрузке и долговечность [1-3]. Влажные субтропики Черноморского побережья России (Сочи) характеризуются обилием осадков, высокой влажностью воздуха, известковыми почвами и риском инвазий экзотических видов. Несмотря на успешное проведение Олимпийских игр 2014 года, системная методика отбора древесных пород для олимпийских парков до сих пор не разработана. **Цель работы** – создать научно обоснованную систему критериев для выбора древесно-кустарниковых растений при озеленении олимпийских парков в условиях влажных субтропиков на примере Олимпийского парка в Сочи.

Материалы и методы. Исследование опиралось на нормативные документы (Распоряжение Минприроды России №19-р от 13.05.2011, СанПиН 1567-76), рекомендации по озеленению олимпийских объектов (Бриних, 2014) и научные труды по ландшафтной архитектуре субтропиков (Плугатарь, 2015). Объект – проектная зона Олимпийского парка. Выделено 5 групп критериев (функционально-эксплуатационные, экологические, фитосанитарные, архитектурно-декоративные, агротехнические) с весовыми коэффициентами, определёнными методом парных сравнений. Всего 22 параметра. Разработана 4-балльная шкала (0–3) и формула интегрального балла I (0–100). Апробация проведена на 25 видах, рекомендованных Никитским ботаническим садом и использованных при озеленении сочинских объектов.

Результаты. Установлены жёсткие ограничения: инвазивность (исключены айлант, павловния), аллергенность (берёза, ольха), травмоопасность (колючки, твёрдые плоды). Рассчитан интегральный балл (табл. 1).

Таблица 1 – Интегральная оценка ведущих видов для Олимпийского парка

Вид	Латинское название	I	Оценка
Пальма сабаль	*Sabal palmetta*	95,8	Отлично
Кипарис вечнозелёный	*Cupressus sempervirens*	91,4	Отлично
Олива европейская	*Olea europaea*	90,2	Отлично
Магнолия крупноцветковая	*Magnolia grandiflora*	85,6	Хорошо
Лавр благородный	*Laurus nobilis*	82,9	Хорошо
Платан кленолистный	*Platanus acerifolia*	62,3	Плохо
Берёза повислая	*Betula pendula*	45,1	Недопустимо

Наивысшие оценки получили *Sabal palmetta* (95,8), *Cupressus sempervirens* (91,4), *Olea europaea* (90,2). Платан кленолистный (62,3) и берёза повислая (45,1) признаны непригодными для зон массового пребывания людей. Разработаны схема теневых зон и алгоритм последовательной проверки ограничений (рис. 1–2).

Заключение. Предложенная система критериев позволяет научно обоснованно подбирать ассортимент для олимпийских парков в субтропиках. Лидеры – пальмы, кипарис, олива. Методика внедрена в проектную документацию по благоустройству общественных зон.

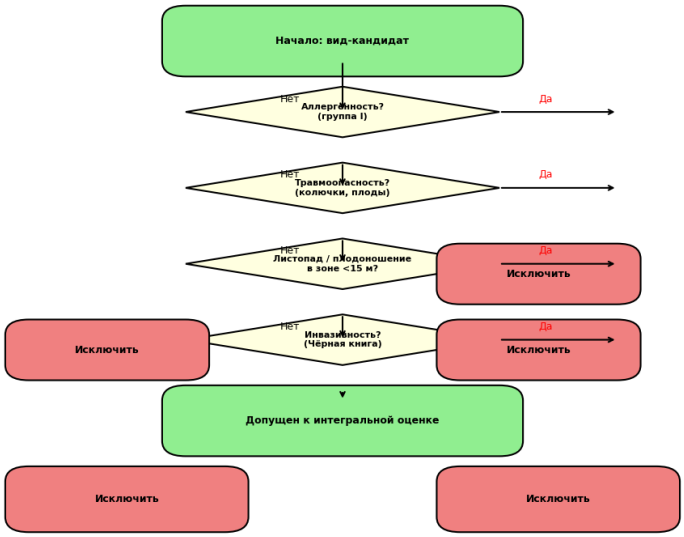


Рисунок 1 – Алгоритм проверки ограничений при отборе растений для олимпийского парка

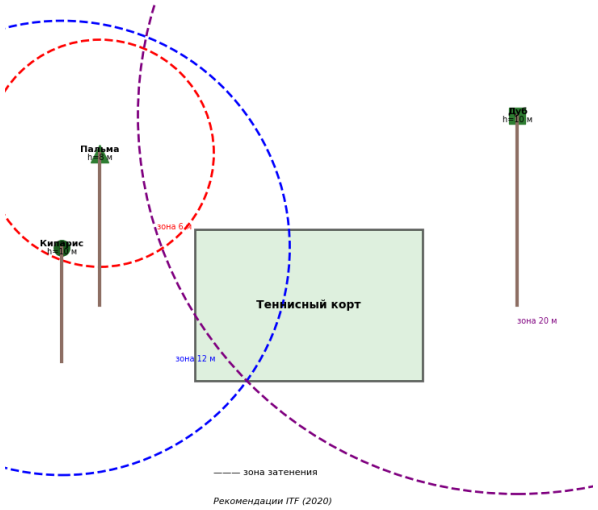


Рисунок 2 -Схема теневых зон от деревьев различной высоты и плотности кроны применительно к олимпийским бульварам (на основе ITF, 2020 [4], адаптировано).

Список литературы

1. Бриних, В. А. Во что сочинская Олимпиада обошлась природе? / В. А. Бриних // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – № 2 (28). – С. 56–68. – EDN RHTRMJ.

2. Минприроды России. Распоряжение от 13.05.2011 № 19-р «О Рекомендациях по выбору видов (пород) деревьев, кустарников и травянистой растительности для ландшафтного озеленения олимпийских объектов...». – URL: https://base.garant.ru/70148078/.

3. Cariñanos, P. An updated proposal of the potential Allergenicity of 150 ornamental trees and shrubs in Mediterranean cities / P. Cariñanos, F. Marinangeli // Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – Vol. 63. – Art. 127218. – DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127218.

4. ITF (International Tennis Federation). Guide to Facilities Planning. – London : ITF, 2020. – 124 p. – ISBN 978-1-903347-75-1.

References

1. Brinikh, V. A. How Much Did the Sochi Olympics Cost Nature? / V. A. Brinikh // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. - 2014. - No. 2 (28). - Pp. 56-68. - EDN RHTRMJ.

2. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Order of May 13, 2011 No. 19-r "On Recommendations for the Selection of Species (Breeds) of Trees, Shrubs, and Herbaceous Vegetation for Landscape Landscaping of Olympic Venues..." - URL: https://base.garant.ru/70148078/.

3. Cariñanos, P. An updated proposal of the potential allergenicity of 150 ornamental trees and shrubs in Mediterranean cities / P. Cariñanos, F. Marinangeli // Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – Vol. 63. – Art. 127218. – DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127218.

4. ITF (International Tennis Federation). Guide to Facilities Planning. – London: ITF, 2020. – 124 p. – ISBN 978-1-903347-75-1.

ЗНАЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

УДК 37.018.4:74.267.5

DOI: 10.58168/EnvPr2026_333-340

РОЛЬ ПРИШКОЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ[46]

THE ROLE OF SCHOOL TERRITORIES IN THE FORMATION OF STUDENTS ECOLOGICAL CULTURE THROUGH PRACTICALLY ORIENTED ECOLOGICAL EDUCATION

Полякова Н.В., доцент кафедры экологического образования, кандидат с.-х. наук Естественно-географического факультета, ФГБОУ ВО «ВГПУ», Воронеж, Россия

Polyakova N.V., associate Professor of the Department of Environmental Education, Candidate of Agricultural Sciences, Faculty of Natural Geography, FSBEI HE VSPU, Voronezh, Russia

Полякова А.М., магистр 1 года обучения Естественно-географического факультета, направления 44.04.01. Педагогическое образование, профиль “Дополнительное экологическое образование с основами экологической политики и экопросвещения”, ФГБОУ ВО «ВГПУ», Воронеж, Россия

Polyakova A.M., 1st year Master's degree student, Faculty of Natural Sciences and Geography, Direction 44.04.01. Pedagogical education, profile "Additional environmental education with the basics of environmental policy and environmental education", FSBEI HE VSPU, Voronezh, Russia

Аннотация: Современный экологический императив требует от системы образования формирования не просто суммы знаний о природе, а экологической культуры как глубинного личностного качества, объединяющего понимание законов природы, эмоционально-ценностное отношение к ней и готовность к ответственному действию. Однако традиционный учебный процесс, зачастую замкнутый в стенах кабинета, порождает у обучающихся феномен осознания глобальных проблем при отсутствии личной сопричастности и навыков взаимодействия с ближайшим природным окружением. Выход из этого методологического тупика видится в практико-ориентированном образовании, переводящем учебную деятельность из плоскости репродуктивного усвоения информации в плоскость живого исследования, открытия и преобразования. И наиболее мощным, но при этом недооцененным ресурсом для такой трансформации являются пришкольные садово-парковые территории. Данная статья обобщает многолетний опыт (с 2010 года) естественно-географического факультета Воронежского государственного педагогического университета (ВГПУ) по созданию и развитию эколого-образовательных полигонов на базе сельских школ региона, воплощающий идею

© Полякова Н. В., Полякова А. М., 2026

перехода от «уроков о природе» к «урокам в природе и вместе с природой». При этом, пришкольная территория в контексте предлагаемой модели перестает быть нейтральным пространством или объектом прикладной деятельности. Она концептуализируется как «образовательный ландшафт» — специально спроектированная и развиваемая среда, где каждый элемент (дерево, аллея, цветник, почвенный разрез) несет дидактическую и воспитательную функцию.

Abstract: The modern environmental imperative demands that the education system develop not simply a body of knowledge about nature, but an environmental culture as a deeply rooted personal quality, uniting an understanding of the laws of nature, an emotional and value-based attitude toward it, and a willingness to act responsibly. However, the traditional educational process, often confined to the classroom, creates in students a phenomenon of awareness of global problems without personal involvement or skills for interacting with the immediate natural environment. The way out of this methodological impasse is seen in practice-oriented education, which shifts learning from the mere acquisition of information to living exploration, discovery, and transformation. The most powerful, yet undervalued, resource for such transformation is school gardens and parks. This article summarizes the long-term experience (since 2010) of the Faculty of Natural Sciences and Geography at Voronezh State Pedagogical University (VSPU) in creating and developing environmental education sites in rural schools across the region. This project embodies the idea of shifting from "nature lessons" to "lessons in and with nature." Furthermore, the school grounds, in the context of the proposed model, cease to be a neutral space or an object of applied learning. They are conceptualized as an "educational landscape" — a specially designed and developed environment where every element (tree, alley, flowerbed, soil profile) serves a didactic and educational function.

Ключевые слова: практико-ориентированное экологическое образование, пришкольная территория, среда обучения, экологическое сознание, проектная деятельность.

Keywords: practice-oriented environmental education, school territory, learning environment, environmental awareness, project activities.

Актуальной задачей современной школы становится преодоление «кабинетного» характера образования, особенно в такой жизненно важной и прикладной области, как экология. Знания, полученные исключительно из учебников, часто остаются абстрактными и не формируют готовности к действию. Решением является создание непрерывной образовательной среды, где теория немедленно проверяется и воплощается на практике. Таким пространством может стать специально организованная пришкольная территория — парк, сад, который выступает не просто зоной отдыха, а живой лабораторией, мастерской и объектом художественно-экологического осмысления [2].

Доказано, что системная интеграция практико-ориентированных занятий по биологии (исследование биоценоза, фенонаблюдения), географии (ландшафтный анализ, метеонаблюдения) и химии (химический мониторинг почвы и воды) способствует формированию целостной эколого-эстетической картины мира. В рамках настоящего исследования представлена поэтапная педагогическая технология: от фундаментального организационно-методического обеспечения через предметно-содержательную интеграцию к проектно-исследовательской деятельности [1, 3].

Научная новизна заключается в разработке и апробации комплексной междисциплинарной схемы, превращающей пришкольную территорию из объекта изучения в субъект образовательного процесса, где ученик выступает в роли исследователя, соавтора и ответственного хранителя среды. Предложенная модель (Рис. 1) обеспечивает достижение не только предметных, но и метапредметных результатов, заложенных в ФГОС, формируя у обучающихся критическое мышление, проектную грамотность и социальную ответственность.

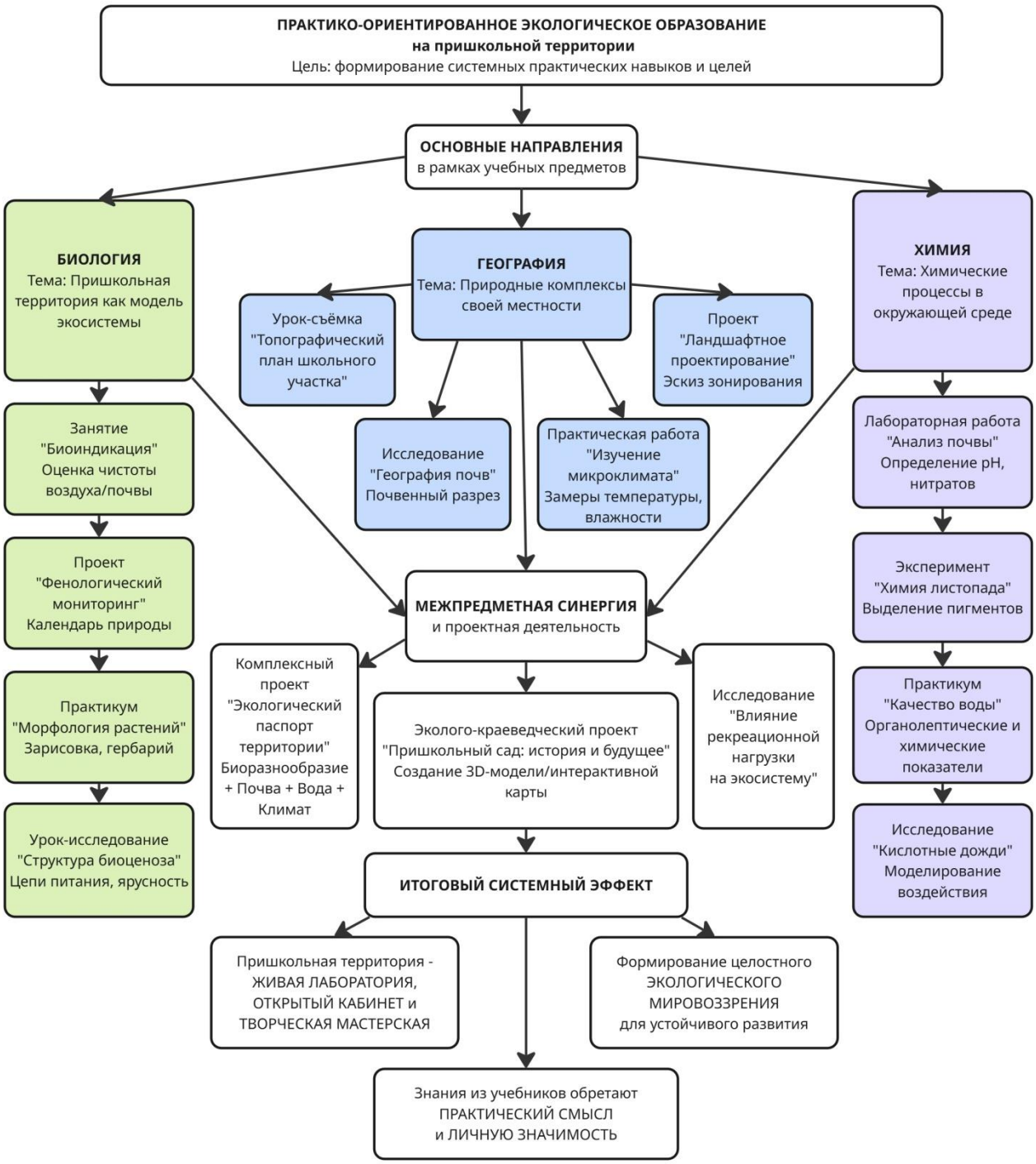


Рис. 1. Модель практико-ориентированного экологического образования через преобразованный ландшафт пришкольной территории.

Модель формирования экологической культуры через такой ландшафт базируется на трех ключевых принципах:

- принцип погруженности и целостности: экологическое знание формируется не изолированно, а в контексте живых взаимосвязей (кора изучается не как образец в лаборатории, а как «кожа» конкретной ели; биоразнообразие — не по таблицам, а как сообщество организмов под ногами на школьной тропинке);
- принцип субъектности и со-творчества: обучающийся является не пассивным наблюдателем, а активным исследователем и соавтором ландшафта, его деятельность (посадка, наблюдение, проектирование, создание лэнд-арт объектов) становится актом осмысленного диалога со средой;
- принцип междисциплинарной конвергенции: натуралистический объект (например, пруд) становится точкой схождения разных предметных перспектив: биологической (гидробионты), географической (микроклимат), химической (качество воды), эстетической (восприятие).

Реализация этих принципов требует перехода от эпизодических «выходов на природу» к системной интеграции пришкольной территории в учебный план [4].

Внедрение практико-ориентированного подхода требует последовательной работы на трех взаимосвязанных уровнях: организационно-методологическом (создание инфраструктуры), предметно-содержательном (интеграция в уроки) и проектно-исследовательском (формирование культуры).

Рассмотрим более подробно каждый из них:

1. Организационно-методологический. На данном этапе осуществляется инвентаризация и педагогическое зонирование территории. В рамках пришкольной территории следует выделить:

- Биологическую станцию (участки с разными типами растительности, «аптекарский огород»).
- Географическую площадку (учебный метеопост, модель рельефа, почвенный разрез).
- Экологическую лабораторию (зона для проведения химических анализов воды и почвы в полевых условиях).
- Творческую зону (пространство для лэнд-арта и художественных практик).

Параллельно разрабатывается нормативная база, обеспечивающая безопасность и систематичность работы: «Положение об учебной работе на территории», паспорта учебных маршрутов, инструкции.

2. Предметно-содержательный (интеграция в уроки) - ключевой этап, на котором пришкольная территория становится «открытым кабинетом» для дисциплин естественнонаучного цикла. Приведем примеры трансформации учебных тем:

- Биология, 6-7 класс. Тема «Экология».

Традиционно: Изучение структуры экосистем по схемам.

Практико-ориентированно: Урок-исследование «Биоценоз пришкольного сада». Учащиеся на конкретном квадратном метре выявляют ярусность (дерево, кустарник, трава), описывают цепи питания (насекомые-опылители, птицы), проводят учет видового разнообразия. Результат — не конспект, а карта-схема локальной экосистемы и выводы о ее устойчивости.

- География, 5-6 класс. Тема «План местности. Атмосфера».

Традиционно: Чтение готовых планов, работа с абстрактными климатическими диаграммами.

Практико-ориентированно: Урок-проект «Микроклимат школьного двора». Группы учащихся проводят замеры температуры, влажности, силы и направления ветра у стены здания, на газоне, в тени аллеи. Данные заносятся на собственноручно составленный топографический план территории. Результат — анализ причин микроклиматических различий и их влияния на самочувствие и распределение растений.

- Химия, 8-9 класс. Тема «Соли. Кислоты и основания».

Традиционно: Решение расчетных задач, проведение лабораторных опытов с реагентами.

Практико-ориентированно: Лабораторная работа «Экспресс-анализ почв пришкольного участка». Учащиеся отбирают пробы с цветника, спортивной площадки, под деревьями. С помощью полевого набора определяют pH, проводят качественные реакции на ионы (нитраты, хлориды). Результат — «Экологический паспорт почвы» с рекомендациями по ее улучшению для разных видов посадок.

3. Проектно-исследовательский (формирование культуры), на этом уровне происходит синтез знаний и переход к созидательной деятельности. Пришкольная территория становится полигоном для долгосрочных междисциплинарных проектов, которые и формируют ядро экологической культуры:

- «Экологический мониторинг территории»: Систематические наблюдения за ключевыми показателями (фенология, чистота снега, численность птиц) с ведением цифровой базы данных.

- «Ландшафтное проектирование: развитие пришкольного сада»: Учащиеся выступают в роли архитекторов и экологов: разрабатывают эскизы новых зон («Сад

бабочек», «Уголок лекарственных трав»), просчитывая их биоценотическую и эстетическую ценность.

- Социально-экологические акции: Организация и проведение «Дня школьного сада», экскурсий для младших школьников и родителей, что развивает коммуникативные навыки и гражданскую позицию.

Заключение. Апробация модели на базе школ Воронежской области показала качественные изменения в образовательной среде и в сознании обучающихся. Участие в реальном, осязаемом деле (от исследования до посадки дерева) резко повысило интерес к предметам естественнонаучного цикла. Знания перестали быть абстракцией, они стали инструментом для понимания и преобразования своего непосредственного окружения (мотивационный эффект). Работа над комплексными проектами научила детей видеть взаимосвязи: как химический состав почвы (химия) влияет на видовой состав растений (биология), что, в свою очередь, формирует микроклимат (география) и эстетическое восприятие места (искусство), - формирование системного мышления. Территория, созданная и изученная своими руками, воспринимается как личная ценность. Вандализм сводится к минимуму, а инициативы по уходу и улучшению исходят от самих учеников (развитие экологической ответственности). Кроме того, учащиеся демонстрируют рост навыков проектной деятельности, работы в команде, публичных выступлений (защита проектов), критического анализа информации.

Таким образом, пришкольная территория, преобразованная в образовательный ландшафт по предлагаемой модели, перестает быть пассивным фоном и становится активным педагогическим инструментом. Практико-ориентированное экологическое образование, интегрированное в учебный процесс через такую территорию, решает ключевую задачу: оно преодолевает разрыв между знанием и действием, между глобальным и локальным, формируя у обучающихся не набор разрозненных сведений, а целостную экологическую культуру.

Эта культура — основа для воспитания нового типа гражданина: не стороннего наблюдателя или потребителя природных ресурсов, а мыслящего, чувствующего и ответственного со-творца и хранителя своей среды обитания, способного к осознанным действиям во имя устойчивого будущего. Опыт благоустройства пришкольных территорий доказывает, что такие преобразования не только возможны, но и необходимы как эффективный ответ на вызовы современности.

Список литературы

1. Корчакина Л. С. Сотрудничество естественно-географического факультета с образовательными учреждениями Хохольского района/ Л. С. Корчакина, С. И. Алферова //

Диалог на равных. Материалы региональной научнопрактической конференции, посвященной 90-летию Воронежского государственного педагогического университета, 10 декабря 2021 года. – Воронеж : ВГПУ, 2021.– С. 56 – 59.

2. Корчакина Л.С. Совместные экологические проекты педагогического университета и сельских образовательных учреждений Воронежской области / Л.С. Корчакина, С.И. Алферова, Н.В. Полякова // Методические вопросы и инновационные технологии в преподавании географии, туризма и естественно-научных дисциплин в вузе и школе: материалы III Всероссийской научнопрактической конференции / науч. ред. О. А. Крутских [и др.]. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2022. –С. 125–128.

3. О нашем грантовом проекте «Учительский парк» на естественно-географическом факультете, который победил на Всероссийском конкурсе молодежных проектов среди образовательных организаций высшего образования, говорят СМИ! – URL : https: // vk.com/uvr_?w:wall=1222877_3866. (дата обращения: 25.03.2026).

4. Проект естественно-географического факюультета по озеленению территории базовых школ: учебно-методическое пособие для обучающихся по программам переподготовки и повышения квалификации в системе дополнительного образования «Ландшафт и садово-парковый дизайн», а также для студентов, обучающихся по направлению 05.03.06 Экология и природопользование, профиль «Экология» (организация внеурочной деятельности по курсу «Методика обучения экологии» и 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профили: «Химия», «Биология» (организация внеурочной деятельности по курсу «Методика обучения биологии») / Н.В. Полякова [и др.]. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2022. – 32 с.

References

1. Korchakina, L. S. Cooperation between the Faculty of Natural Sciences and Geography and Educational Institutions of the Khokholsky District / L. S. Korchakina, S. I. Alferova // Dialogue on Equal Terms. Proceedings of the regional scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Voronezh State Pedagogical University, December 10, 2021. - Voronezh: VSPU, 2021. - Pp. 56 - 59.

2. Korchakina, L. S. Joint environmental projects of the pedagogical university and rural educational institutions of the Voronezh region / L. S. Korchakina, S. I. Alferova, N. V. Polyakova // Methodological issues and innovative technologies in teaching geography, tourism and natural science disciplines at universities and schools: Proceedings of the III All-Russian scientific and

practical conference / scientific ed. O. A. Krutskikh [et al.]. – Voronezh: Publishing and Printing Center "Nauchnaya Kniga", 2022. – Pp. 125–128.

3. Our grant project "Teacher's Park" at the Faculty of Natural Sciences and Geography, which won the All-Russian Competition of Youth Projects among Higher Education Institutions, is being covered in the media! – URL: https://vk.com/uvr_?w:wall=1222877_3866. (Accessed: March 25, 2026).

4. Project of the Faculty of Natural Sciences and Geography on landscaping the territory of basic schools: a teaching aid for students in the retraining and advanced training programs in the system of additional education "Landscape and garden and park design", as well as for students studying in the direction of 05.03.06 Ecology and Nature Management, profile "Ecology" (organization of extracurricular activities for the course "Methodology of Teaching Ecology" and 44.03.05 Pedagogical Education (with two training profiles), profiles: "Chemistry", "Biology" (organization of extracurricular activities for the course "Methodology of Teaching Biology") / N.V. Polyakova [et al.]. - Voronezh: Voronezh State Pedagogical University, 2022. - 32 p.

Научное издание

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ

Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды

Воронеж, 5 июня 2026 г.

Ответственный редактор Е.В. Моисеева

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 02.09.2026. Объем данных 13,6 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8