

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА НИКОЛЬСКОЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Артемова С.Н., Сидоров Н.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет», Пенза, Российской Федерации,
e-mail: art-serafima@yandex.ru*

Цель исследования – провести геоэкологический анализ и на региональном уровне оценить экологическое состояние верховых болот на примере болота Никольское Пензенской области. Применялся комплексный подход к оценке, который включал в себя анализ ландшафтной структуры, истории хозяйственного освоения и современного использования земель, а также данных полевых ландшафтных исследований. Источной информацией явилась ландшафтная карта Пензенской области, исторические карты, начиная с карт первого Генерального межевания в России конца XIX века, а также космоснимки. В ходе работ выполнена электронная карта в программе QGIS и Google Earth Pro, где отражена ландшафтная структура и использование земель, проведен анализ исторических карт, заложены почвенные разрезы, проведены геоботанические описания и инструментальные измерения уровня и химического состава грунтовых вод, проведены микробиологические исследования почв. Полученные данные указывают на замедленный процесс торфообразования и признаки усыхания болота. Понижение уровня грунтовых вод, усиление делювиальных процессов, возможно, связано с хозяйственной деятельностью в смежных геосистемах. Болото Никольское не играет существенной роли в углеродном балансе атмосферы, однако имеет высокое природоохранное значение как рефугиум биоразнообразия и стабилизатор экосистем междуруечья Сура – Труев.

Ключевые слова: геоэкологический анализ, оценка экологического состояния, верховые болота, ландшафтная карта, Пензенская область, междуруечье Сура – Труев, болото Никольское

GEOECOLOGICAL ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE UPPER MARSHES OF THE FOREST-STEPPE ZONE (ON THE EXAMPLE OF THE NIKOLSKOYE SWAMP OF THE PENZA REGION)

Artemova S.N., Sidorov N.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State University”,
Penza, Russian Federation, e-mail: art-serafima@yandex.ru*

The purpose of the study was to conduct a geo-ecological analysis and assess the ecological state of the Verkhnyaya bog on the example of the Nikolskoye bog in the Penza region at the regional level. A comprehensive approach to assessment was applied, which included an analysis of the landscape structure, the history of economic development and current land use, as well as data from field landscape studies. The initial information included a landscape map of the Penza region, historical maps dating back to the first General Land Survey in Russia in the late 19th century, and satellite images. During the work, an electronic map was created in the QGIS and Google Earth Pro programs, which reflects the landscape structure and land use. Historical maps were analyzed, soil profiles were established, geobotanical descriptions and instrumental measurements of groundwater level and chemical composition were conducted, and microbiological studies of soils were performed. The obtained data indicate a slowdown in peat formation and signs of marsh drying. The decrease in groundwater level and the intensification of deluvial processes may be related to economic activities in adjacent geosystems. The Nikolskoye swamp does not play a significant role in the carbon balance of the atmosphere, but it is of high conservation value as a biodiversity refuge and a stabilizer of the ecosystems in the Sura-Truyev interfluvium region.

Keywords. Geo-ecological analysis, assessment of the ecological state, raised bogs, landscape map, Penza region, Sura-Truyev interfluvium, Nikolskoye bog

Введение

В настоящее время на фоне глобально-го изменения климата и регулирования по-ступления в атмосферу парниковых газов антропогенного происхождения особенно важно сохранение болот как аккумуляторов углерода атмосферы. Чистые выбросы парниковых газов в атмосферу из болот зависят от растительности, землепользования, уров-ня грунтовых вод, температуры почвы и др.

Ненарушенные болотные экосистемы являются поглотителями (стоком) углерода атмосферы. В пределах лесостепи болота имеют особое значение как место обитания для растений и животных, являются хранителями генофонда и биоразнообразия региона. Кроме того, торфяные залежи являются хранителями палеографической информации о растительности древних эпох. Верховые сфагновые болота в пределах Пензенской

области находятся на южной границе своего распространения, поэтому включают редкие и исчезающие виды растений и являются уникальными по своей структуре и функционированию, что требует специального подхода к их изучению и охране. Верховые болота лесостепи являются реликтовыми геосистемами, которые образовались в условиях гумидного климата в конце атлантического периода голоцена – 6575 ± 100 лет назад [1]. Эволюция этих уникальных геосистем происходила длительное время в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности человека, что необходимо учитывать при оценке их роли в углеродном балансе атмосферы, экологическом состоянии и географическом прогнозе.

Современные исследования в области углеродного баланса атмосферы проводятся в рамках государственной задачи по реализации Парижского соглашения по глобальному изменению климата. Создан консорциум «РИТМ углерода» (Российские инновационные технологии мониторинга углерода) – всероссийский проект, направленный на исследование проблемы глобального потепления климата и роли природных и природно-антропогенных экосистем в эмиссии парниковых газов в атмосферу [2]. В настоящее время накоплен большой фактический материал об особенностях биологического круговорота углерода на региональном уровне, в том числе и для болотных экосистем [3]. В основном дается оценка болотных экосистем южнотаежной подзоны Западной Сибири. Сделан вывод, что в настоящее время они являются постоянным стоком углерода и способствуют смягчению последствий изменения климата [4]. Региональные исследования болот Западной Сибири посвящены вопросам аккумуляции минерального вещества верховыми болотами, поглощающей способности болот, а также экологическому состоянию торфяных залежей [5-7]. Региональные исследования болот лесостепной зоны Западной Сибири посвящены их генезису и геоэкологической оценке [8-10].

Изучению водораздельных болот Приволжской возвышенности посвящено немного работ. Так, например, палеоботанические исследования болотных экосистем центральной части Приволжской возвышенности отражены в работах И.В. Благовещенского [11] и Н.В. Благовещенской [12], болота Мордовии описаны в работе О.Г. Гришуткина [13]. Растительность болот Ульяновской области описана в работе И.В. Благовещенского [14].

Исследования верховых болот в пределах Пензенской области незначительны. В основном это работы, связанные с описанием растительности [15-17]. Болота лесостепи занимают небольшую площадь и существенной роли в балансе углерода не играют, но изменение климата и хозяйственная деятельность влияют на их экологическое состояние. Необходимы комплексные геоэкологические исследования, направленные на сохранение природоохранных функций болотных экосистем. В пределах Пензенской области, расположенной в зоне интенсивного хозяйственного освоения лесостепи, особенно важно обосновать необходимость включения всех верховых болот в экологический каркас.

Цель исследования – провести геоэкологический анализ и на региональном уровне (междуречье Суры-Труев) оценить экологическое состояние верховых болот (на примере болота Никольское). В задачи исследования входит: 1 – анализ морфологической структуры ландшафта с болотными геосистемами, 2 – изучение истории хозяйственного освоения исследуемой территории и современной антропогенной нагрузки, 3 – оценка экологического состояния геосистем болота Никольское и смежных геосистем.

Материалы и методы исследования

Геоэкологический анализ проводился согласно общим принципам геоэкологии и включал этапы анализа ландшафтной структуры, истории хозяйственного освоения и современного использования земель исследуемой территории [18]. Одним из основных методов является ландшафтное картографирование с использованием современных ГИС-технологий. Электронные карты выполнены в программе QGIS и Google Earth Pro. Исходной информацией о природном устройстве явилась ландшафтная карта Пензенской области [19]. В качестве исходной информации о происхождении и истории хозяйственного использования болот и смежных геосистем использовались описания и исторические карты, начиная с карт первого Генерального межевания в России конца XIX века, а также исторические космические снимки на данную территорию начиная с 1985 года [20]. Полевые ландшафтные исследования проводились летом 2023 г. и летом 2025 г. Всего было заложено 5 почвенных разрезов: 1 – на плакоре в поле, 1 – на останцовом массиве в лесу, 1 – на склоне суффозионной котловины, 1 – на окраине болота

в зоне с древесно-кустарниковой растительностью, 1 – в центральной части болота. Отбор почвенных образцов проводился с глубины 15 см. Первичный анализ физико-химических свойств проводили по классической методике почвоведения, Ph определяли с использованием лакмусовой бумаги. Биологические и микробиологические свойства почв определялись по упрощенной методике в рамках проекта гражданской науки «Всероссийский Атлас почвенных микроорганизмов» в 2023 г. (общее количество органических веществ и наличие азотфикссирующих бактерий, характеризующих плодородие почвы). Инструментальные измерения уровня грунтовых вод проводились с использованием гидрологических линеек в центральной и окраинной части болота в 2023 и 2025 гг. Описание растительности проводилось в 5 ключевых точках.

Результаты исследования и их обсуждение

Болото Никольское, расположенное в 4 километрах к северо-востоку от села Никольское Кузнецкого района Пензенской области, относится к памятникам природы регионального значения с 1999 года. Болото сформировалось на останцово-водораздельной поверхности Сурско-Кададинского ландшафта с высотами около 300 м в супфазионной котловине и представляет собой два чащебразных углубления, соединенных между собой [19]. В растительности болота много видов, занесенных в Красную книгу Пензенской области [16; 15]. Болото Никольское – это реликт среднего голоцена [1]. Верховыми такие болота называются согласно геоморфологическим признакам. Однако к олиготрофным их отнести нельзя, т. к. в условиях современного климата сформировались благоприятные условия для поступления питательных веществ в болото. Благовещенский И.В. относит их к мезоолиготрофному типу. Их развитие зависит от минерализации питающих вод и интенсивности обводнения депрессии [11]. Основное поступление воды в болото – атмосферные осадки, количество которых значительно снизилось по сравнению с климатом позднеатлантического периода. Минерализация грунтовых вод местного водоупора в ложе болота зависит от литологического состава пород, представленного лессовидными суглинками. Кроме того, в котловину поступают воды делювиального стока, характеризующегося сезонностью, но обладающие довольно высокой минерализацией вод (по современным

наблюдениям, от 130 до 210 мг/л) [11]. Это обеспечивает сохранение эвтрофного характера растительности в течение всего периода существования болота и определяет невысокую скорость вертикального прироста торфяных отложений.

На процесс эволюции озер и болот, кроме природных процессов, большое влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. На примере Никольского болота видно, как антропогенные преобразования прилегающих территорий (распашка, выведение леса, выпас) изменяют скорость и направление естественных процессов (осушение, зарастание), что имеет практическое значение для региона. Процесс хозяйственного освоения авторы проследили по имеющимся картографическим источникам, начиная с плана генерального межевания Кузнецкого уезда Саратовской губернии 1778–1797 гг. (рис. 1).

Как видно, процесс хозяйственного освоения протекал с увеличением антропогенной нагрузки, наибольшие изменения произошли в 1970–1980-х годах, когда исследуемая территория была максимально распахана.

Геоэкологический анализ и оценка экологического состояния современных геосистем водораздела рек Сура – Труев основывался на ландшафтном картографировании, наложении данных об использовании земель и полевых исследованиях. В результате исследований получена электронная карта на исследуемый район междуречья Сура – Труев. Карта выполнена с использованием синтетического метода, который основан на дешифрировании космоснимков, а также использовалась подложка из векторного слоя горизонталей в ГИС (QGis).

Морфологическая структура ландшафта Сура – Труев складывалась в условиях эрозионно-денудационных процессов в течение неоген-четвертичного периода. Коренные породы палеогена, представленные слитыми песчаниками, опоками и опоковидными песчаниками, перекрыты покровными лессовидными суглинками на плакорах и делювиальными суглинками на склонах. Поверхность выравнивания на водоразделе Сура – Труев расположена на высоте 280–290 м, а палеогеновые останцы плотных песчаников выступают на высоту более 300 м (до 321 м). На выполненной электронной крупномасштабной ландшафтной карте отражена типологическая классификация геосистем ранга «урочище» (рис. 2). Всего выделено восемь типов уроцищ, отраженных в легенде по лигенской основе.

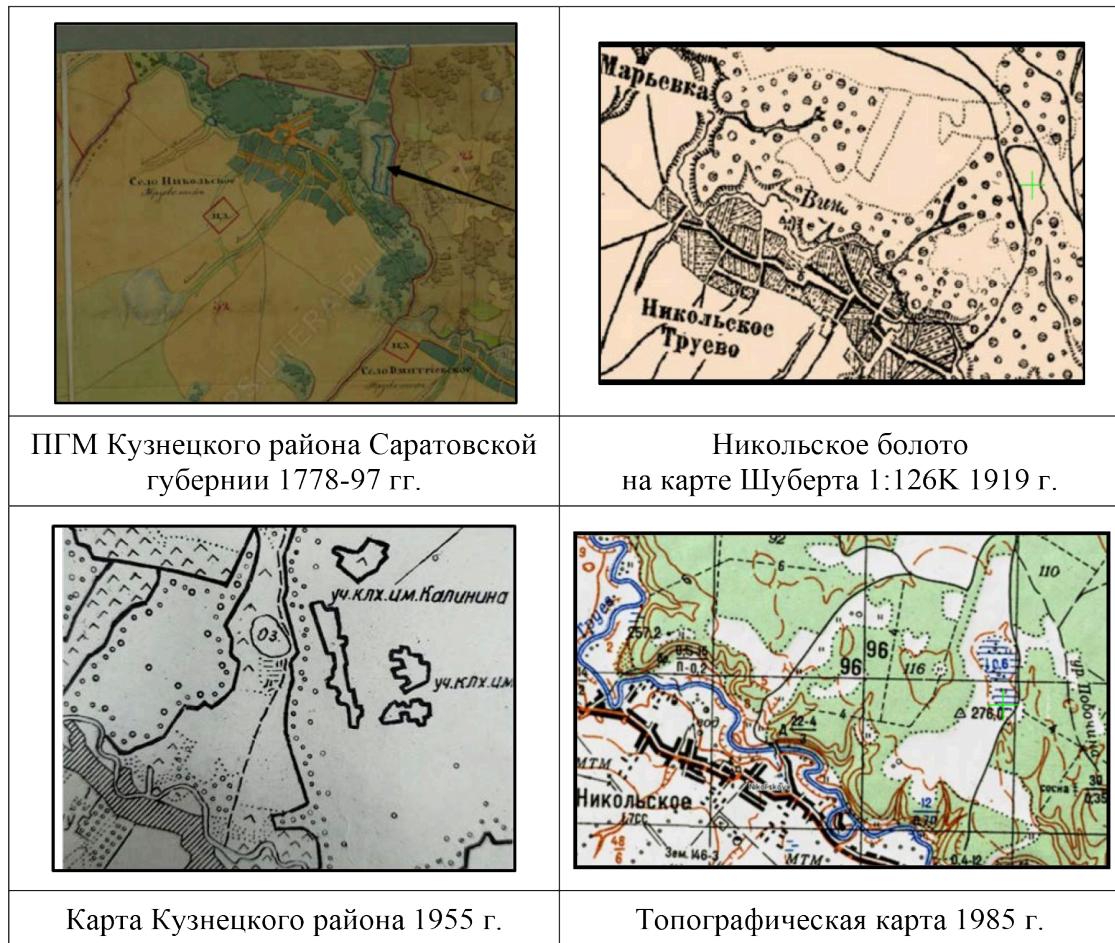


Рис. 1. История хозяйственного освоения и эволюции озера Никольское на картах [20]



Рис. 2. Электронная ландшафтная карта междуречья Сура – Труев
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

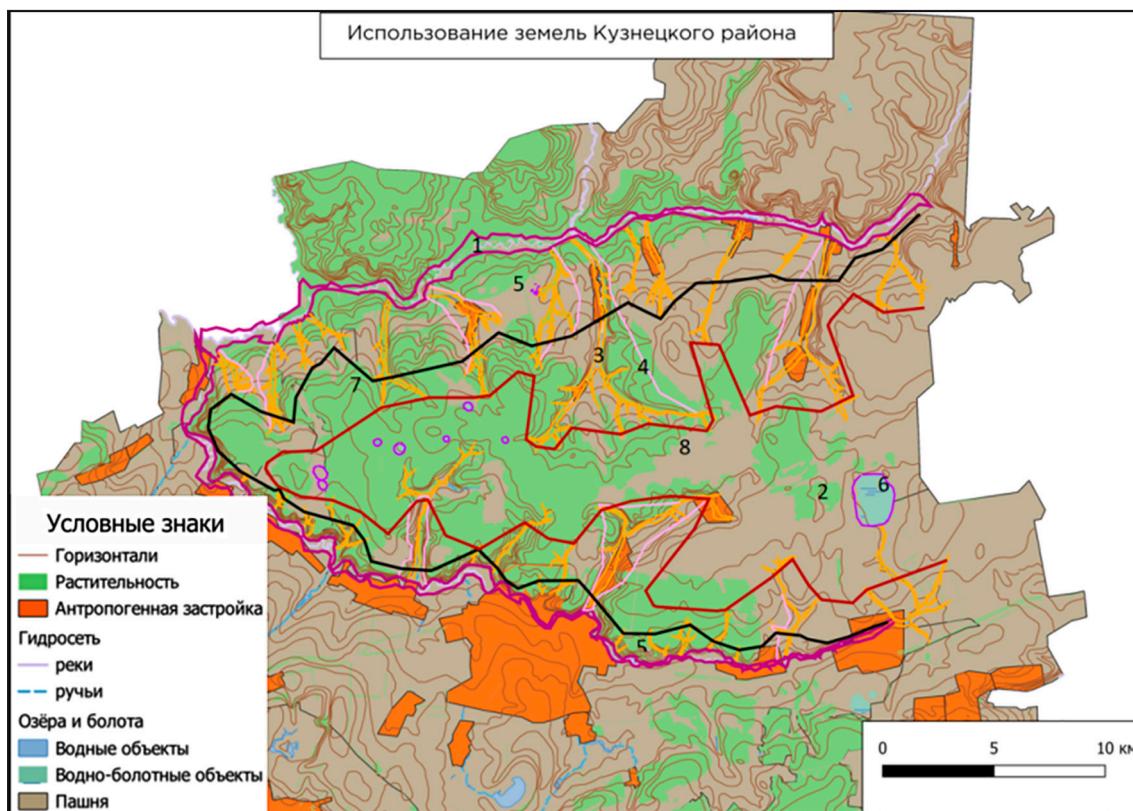


Рис. 3. Карта использования земель междуречья Сура – Труев в пределах Кузнецкого района

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

(цветом показаны виды использования земель, линиями и цифрами – виды урочищ)

Анализ морфологической структуры ландшафта исследуемой территории позволил сделать вывод о том, что ландшафт обладает высоким экологическим потенциалом и играет большую природоохранную роль. Ресурсный потенциал к использованию в сельском хозяйстве в этом районе небольшой. Для распашки пригодны небольшие участки плакоров, перекрытые четвертичными лессовидными суглинками с серыми лесными почвами. Карта «Использование земель», выполненная в программе QGIS с использованием векторных слоев в Google Earth Pro, позволяет выявить закономерности размещения природно-хозяйственных систем с разной степенью антропогенной нагрузки (рис. 3).

Наложение векторных слоев карты использования земель на ландшафтную карту позволяет выявить геоэкологические районы с разной степенью экологического благополучия. Все болота, расположенные в суффозионных котловинах, не испытывают существенного антропогенного воздействия, т. к. смежные геосистемы в основном лесные. Однако болото Никольское ранее

испытывало существенное антропогенное воздействие. Водосборная площадь болота (суффозионная котловина) была распахана, в настоящее время ближайшее поле имеет гидравлическую связь с делювиальными водами, питающими болото. Это приводит к общему снижению уровня грунтовых вод и усыханию болота.

Экологическое состояние болота Никольское оценивалось с учетом полевых ландшафтных исследований летних сезонов 2023 и 2025 годов. Были заложены ключевые точки на плакоре, занятом пашней, на останцовом массиве, занятом лесом, на склоне котловины и в растительных зонах болота. Суффозионная котловина имеет глубину более 20 м с пологими склонами на севере и более крутыми на востоке. Выделены две растительные зоны по ведущему типу растительности, почв и глубине залегания грунтовых вод. Первая зона – центральная часть болота, занята травянистой растительностью и сфагновым мхом с куртинами угнетенной сосны, имеет размеры 300 на 350 м, закочкарена. Высота кочек достигает 70 см при диаметре в 150 см. Глубина грунтовых

вод в 2023 г. – 45 см, в 2025 г. – 15 см. В мочажинах при надавливании появляется вода. Вторая зона – на периферии болота, имеет ширину около 50 м и состоит преимущественно из редких зарослей ивы и березы высотой 2-3 м, в травянистом покрове преобладает осока, размер кочек значительно меньше и составляет около 50 см высоты

и 70 см в диаметре. Здесь в мочажинах вода при продавливании не выступает. Почвенный разрез в этой зоне глубиной 70 см представлен почвенными горизонтами: 1 – дерново-торфяной, 10 см; 2 – глеевый горизонт сизо-серого цвета, 20 см; 3 – лёссовидные суглинки. На глубине 30 см из стенок почвенного разреза сочится вода (рис. 4).



Рис. 4. Полевые исследования болота Никольское в мае 2025 г. (фото автора)

Экологические свойства почв в суффозионной котловине

Ключевая точка, геотоп	Глубина залегания грунтовых вод (см)	Гигротоп	Мощность органогенного горизонта (см)	Мощность глеевого горизонта	Трофотоп	Ph	Микробиологические свойства (наличие азотфикссирующих бактерий)
Болото, центральная часть	15	гигро-фитный	Нет данных	Нет данных	олиготрофный	5	нет
Болото, периферия	45	мезогигро-фитный	15	13	мезотрофный	5	нет
Склон суффозионной котловины	150	мезофит-ный	25	нет	евтроф-ный	6	 есть колонии азотфикссирующих бактерий

На склоне котловины почвы типичные луговые. Первичные исследования физико-химических и микробиологических свойств почв в суффозионной котловине использовались для оценки экологического состояния болота. Наиболее важные показатели, характеризующие скорость торфоакопления и усыхания болота, отражены в таблице.

Почвенный разрез на поле показал морфологическое строение типичных серых лесных почв, на глубине 54 см – лёссовидные суглинки, устойчивый водоносный горизонт залегает предположительно на глубине 20-30 м. Мощность светло-серых почв на останцовом массиве в лесу составляет всего 15 см, подстилающими породами является элювий песчаных пород. На склоне суффозионной воронки показатели экологических свойств почвы характерны для экосистемы влажного луга. Наличие питательных веществ в почве обусловлено делювиальными процессами. На периферии болота почвы торфяно-глеевые, с сезонным процессом торфообразования с преобладанием мезотрофов.

Заключение

Данные полевых исследований, проведенные в период после половодья, подтверждают, что процесс торфообразования в болоте замедленный, на периферии имеет сезонный характер. Большую роль в водном балансе и биологическом круговороте играют делювиальные воды. Мезофильный характер растительности на периферии болота и строение почвенного разреза показывает, что происходит усыхание болота.

Таким образом, интегрированный подход к исследованию ландшафтов с верховыми болотами позволяет получить полную картину о состоянии данных экосистем и сделать следующие выводы. Во-первых, реликтовые болота лесостепи занимают небольшую площадь и не играют существенной роли в стоке атмосферного углерода. Во-вторых, усыхание болот происходит в результате увеличения испарения в условиях потепления климата, а также в результате поступления воды не только с осадками, но и с делювиальными водами повышенной минерализации, что обуславливает эвтрофный характер растительности и замедленное торфообразование. В-третьих, на экологическое состояние болот, не подверженных прямому антропогенному воздействию (торфоразработки, пожары), оказывает влияние история хозяйствен-

го освоения смежных геосистем. В-четвертых, необходимо сохранять природоохраный режим не только болота, но и всего ландшафта, в данном случае междуречья Сура – Труев.

Список литературы

1. Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Дюжова К.В., Волкова Е.М. Динамика растительности на южной границе зоны широколиственных лесов Восточно-Европейской равнины в среднем и позднем голоцене // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. Вып. 5. С. 82–94. URL: <https://www.libnauka.ru/item.php> (дата обращения 21.09.2025). DOI: 10.7868/S0373244417050073.
2. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Духанин Ю.А., Козлов Д.Н. Методологические подходы формирования единой национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда Российской Федерации // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2021. № 108. С. 175–218. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-podkhody-formirovaniya-edinoy-natsionalnoy-sistemy-monitoringa-i-ucheta-balansa-ugleroda-i-vybrosov-parnikovuyh> (дата обращения: 21.09.2025). DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-175-218.
3. Дюкарев Е.А., Семенов С.П. Численное моделирование биогеохимических циклов углерода в болотных экосистемах // Известия АлтГУ. 2022. № 4 (126). С. 104–109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislennoe-modelirovaniye-biogeohimicheskikh-tsiklov-ugleroda-v-bolotnyh-ekosistemah> (дата обращения: 21.09.2025). DOI: 10.14258/izvasu(2022)4-16.
4. Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А., Веретенникова Е.Э., Никонова Л.Г., Смирнов С.В. Оценка динамики баланса углерода в болотах южнотаежной подзоны Западной Сибири (Томская область) // Почвы и окружающая среда. 2022. № 4. С. 1–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-dinamiki-balansa-ugleroda-v-bolotah-yuzhnotaezhnoy-podzony-zapadnoy-sibiri-tomskaya-obl> (дата обращения: 15.09.2025). DOI: 10.31251/pos.v5i4.194.
5. Сайб Е.А. Запасы надземной биомассы в болотных экосистемах лесостепной зоны Западной Сибири // Интерэко Гео-Сибирь. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zapasy-nadzemnoy-biomassy-v-bolotnyh-ekosistemah-lesostepnoy-zony-zapadnoy-sibiri> (дата обращения: 16.09.2025).
6. Андреева А.С., Колокольцев А.М., Трухляев Э.А. Влияние изменения климата на поглощающую способность болот на примере Ямало-Ненецкого автономного округа // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 4. С. 46–60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-izmeneniya-klimata-na-pogloschayushchuyu-sposobnost-bolot-na-primegere-yamalo-nenetskogo-avtonomnogo-okruga> (дата обращения: 13.09.2025). DOI: 10.32686/1812-5220-2022-19-4-46-60.
7. Зубов И.Н., Орлов А.С., Селянина С.Б. О применении окислительно-восстановительного потенциала для оценки состояния торфяных залежей болотных экосистем // Успехи современного естествознания. 2019. № 3–1. С. 51–55. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37070> (дата обращения: 14.09.2025). DOI: 10.17513/use.37070.
8. Леонова Г.А., Мальцев А.Е., Прейс Ю.И., Бобров В.А. Геоэкологическая оценка современного состояния верховых болот (реки) Барабинской лесостепи в условиях антропогенного воздействия // Геосферные исследования. 2022. № 4. С. 76–95. URL: <https://cat.gpntb.ru/?id=EC>ShowFull&irbDb=ESVODT&bid=8ebb171697ae822642c70c00e781c977> (дата обращения: 14.09.2025). DOI: 10.17223/25421379/25/5.
9. Степанова В.А., Волкова И.И. Генезис некоторых верховых болот лесостепи Западной Сибири (на примере Николаевского ряма) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 40. С. 202–223. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/genezis-nekotoryh-verhovuyh-bolot>

- lesostepi-zapadnoy-sibiri-na-primere-nikolaevskogo-guama (дата обращения: 21.09.2025). DOI: 10.17223/19988591/40/12.
10. Наумов А.В. Косых Н.П., Паршина Е.К., Артымук С.Ю. Верховые болота лесостепной зоны, их состояние и мониторинг // Сибирский экологический журнал. 2009. Т. 16. № 2. С. 251–259. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12293664> (дата обращения: 14.09.2025). EDN: KJAOYH.
 11. Благовещенский И.В. Структура растительного покрова, систематический, географический и экологический анализ флоры болотных экосистем центральной части Приволжской возвышенности: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ульяновск, 2006. 41 с. URL: <https://new-dissert.ru/-avtoreferats/01003314113.pdf> (дата обращения: 14.09.2025).
 12. Благовещенская Н.В., Чернышев А.В. Динамика степной растительности центральной части Приволжской возвышенности в голоцене // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 2012. № 1. С. 50–58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-stepnoy-rastitelnosti-tsentralnoy-chasti-privolzhskoy-vozvyshennosti-v-golotsene> (дата обращения: 21.09.2025).
 13. Гришуткин О.Г. Болота Мордовии, заслуживающие охраны // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2016. № 17. С. 60–63. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bolota-mordovii-zasluzhivayuschie-ohrany> (дата обращения: 21.09.2025).
 14. Благовещенский И.В. Растительность болота Бревово (Ульяновская область). Рекомендации по режиму охраны и использования // Известия Саратовского университета Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2020. № 4. С. 454–464. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rastitelnost-bolota-brevovo-ulyanovskaya-obl-tekhnicheskaya-otchetnost-i-ekologicheskaya-otsenka> (дата обращения: 21.09.2025). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-454-464>.
 15. Иванов А.И., Чистякова А.А. Моховые болота бассейна реки Суры в пределах Пензенской области и проблемы их охраны // Чистая вода: Проблемы и решения. 2010. № 4. С. 90–95. URL: <https://elibrary.ru/mwkcjj> (дата обращения: 21.10.2025).
 16. Красная книга Пензенской области: в 2 т. Изд. 2-е. Пенза; Воронеж: Воронежская областная типография – изд-во им. Е.А. Болховитинова, 2019. Т. 2: Животные / науч. ред. В.Ю. Ильин. 264 с. URL: https://minleshoz.pnzreg.ru/osnovnye-napravleniya/prirodyne-resursy-i-normirovaniye/krasnaya-kniga-penza-penzenskoy-oblasti/Krasnaya%20kniga_c%20korrekturoy2.pdf EDN: KMGMWG (дата обращения: 14.09.2025). ISBN: 978-5-4420-0777-0.
 17. Горбушина Т.В., Куприянов А.Н. Растительность болота Вишневское (Кузнецкий район Пензенской области) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. № 4-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rastitelnost-bolota-vishnevskoe-kuznetskiy-rayon-penzenskoy-oblasti> (дата обращения: 14.09.2025).
 18. Спиридонова И.Н. Геоэкологическая оценка территории пензенской области // Форум молодых ученых. 2019. № 1–3 (29). С. 417–420. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geoekologicheskaya-otsenka-territorii-penzenskoy-oblasti> (дата обращения: 21.09.2025).
 19. Ямашкин А.А., Артемова С.Н., Новикова Л.А., Леонова Н.А., Алексеева Н.С. Электронная ландшафтная карта Пензенской области // Известия ПГУ им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 665–673. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektronnaya-landschaftnaya-karta-penzenskoy-oblasti> (дата обращения: 22.09.2025).
 20. Старые карты России и Зарубежья: сайт Retromap [Электронный ресурс]. URL: <https://retromap.ru/> (дата обращения: 16.08.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.