

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2026, Том 13, № 1 / 2026, Vol. 13, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2026.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/25NZOR126.pdf>

DOI: 10.15862/25NZOR126 (<https://doi.org/10.15862/25NZOR126>)

1.6.21. Геоэкология (геолого-минералогические, географические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Аряшев, И. В. Анализ депонирующего потенциала и геоэкологического состояния пойменных лесных геосистем с применением комплексных методик / И. В. Аряшев, О. А. Бурукина, А. М. Луговской, Л. А. Луговская, С. Р. Гильденскиольд // Отходы и ресурсы. — 2026. — Т. 13. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/25NZOR126.pdf>. DOI: 10.15862/25NZOR126.

**For citation:**

Aryashev I.V., Burukina O.A., Lugovskoy A.M., Lugovskaya L.A., Gildenskiold S.R. Analysis of the depositing potential and geoeological state of floodplain forest geosystems using comprehensive methods. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2026;13(1): 25NZOR126. Available at: <https://resources.today/PDF/25NZOR126.pdf>. DOI: 10.15862/25NZOR126. (In Russ., abstract in Eng.).

**УДК 502.1**

**Аряшев Илья Вадимович**

ФГАОУ ВО «Государственный университет просвещения», Москва, Россия

Аспирант

E-mail: [iv.aryashev@eduprosvet.ru](mailto:iv.aryashev@eduprosvet.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5458-0547>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1124799](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1124799)

**Бурукина Ольга Алексеевна**

Университет Принца Мохаммада Бин Фада, Эль-Хобар, Саудовская Аравия

Доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет», Москва, Россия

Аспирант

Кандидат филологических наук, доцент, MBA, DBA

E-mail: [obur@mail.ru](mailto:obur@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0496-3325>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=282766](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=282766)

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/V-3335-2019>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56939054700>

**Луговской Александр Михайлович**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии», Москва, Россия

Профессор кафедры «Географии»

Доктор географических наук, доцент

E-mail: [alug1961@yandex.ru](mailto:alug1961@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3985-4535>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=646226](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=646226)

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/T-2729-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57204515758>

**Луговская Людмила Александровна**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж, Россия

Доцент

Кандидат географических наук

E-mail: [lla1986@ya.ru](mailto:lla1986@ya.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-9596>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1006978](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1006978)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=35731784900>

**Гильденскиольд Сергей Русланович**

ФГБОУ ВО «Государственный университет просвещения», Москва, Россия

Профессор

Доктор медицинских наук, профессор

E-mail: [s.gildenskiold@mail.ru](mailto:s.gildenskiold@mail.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=297299](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=297299)

## **Анализ депонирующего потенциала и геоэкологического состояния пойменных лесных геосистем с применением комплексных методик**

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная проблема оценки роли пойменных лесных геосистем как значимых пулов депонирования атмосферного углерода в контексте климатической повестки. Подчеркивается высокая, но уязвимая продуктивность данных экосистем, обусловленная динамичным гидрологическим режимом. Особое внимание уделено методологическому аппарату, включающему комплекс ландшафтных, эколого-химических и биоиндикационных подходов для геоэкологической оценки территории. В качестве высокоточного инструмента ретроспективного анализа продуктивности и биомониторинга антропогенного воздействия детально рассмотрен дендроанатомический метод на основе количественного анализа гистологических элементов годичных слоев видов-эдикаторов на примере ивы. Проведено сравнительное обсуждение эффективности дендрохронологических, приборных и химических методов, обоснована необходимость их комбинированного применения для разработки научно обоснованных мер по сохранению и восстановлению депонирующего потенциала пойменных лесов.

**Ключевые слова:** пойменные леса; депонирование углерода; геосистема; геоэкологический мониторинг; дендрохронология; дендроанатомия; биоиндикация; антропогенное воздействие; *Salix* spp.; гистологические элементы

### **Введение**

Глобальное изменение климата и задачи достижения углеродной нейтральности актуализируют поиск и оценку природных решений, среди которых особое место занимают экосистемы с высокой способностью к фиксации атмосферного углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Пойменные лесные геосистемы, характеризующиеся исключительной биологической продуктивностью благодаря периодическому поступлению влаги и биогенов с паводковыми водами, представляют собой мощный, но недостаточно изученный и крайне уязвимый компонент глобального углеродного цикла. Их депонирующий потенциал реализуется в условиях сложного взаимодействия природных флювиальных процессов и возрастающего антропогенного прессинга (гидротехническое строительство, загрязнение, изменение землепользования), ведущего к деградации и потере экосистемных функций [1; 2].

Вариабельность сукцессионных процессов, динамика бонитета насаждений и относительная компактность размещения делают пойменные сообщества чувствительным индикатором геоэкологического состояния не только речных долин, но и водосборных бассейнов в целом. В связи с этим, комплексная оценка их состояния, включая количественное определение объемов и динамики депонирования углерода, становится критически важной для ведения национальных кадастров парниковых газов, планирования природоохранных мероприятий и обеспечения экологической безопасности [1; 3; 4].

Целью исследования является анализ методологических подходов к оценке депонирующего потенциала и геоэкологического состояния пойменных лесных геосистем, с акцентом на преимущества комплексной методики, сочетающей ландшафтные, физико-химические и современные биоиндикационные методы, в частности, дендроанатомический анализ.

### Методика и материалы исследования

Для всесторонней оценки пойменных лесных геосистем применяется комплекс взаимодополняющих методов, позволяющих исследовать как современное состояние, так и ретроспективную динамику систем под влиянием природных и антропогенных факторов.

Ландшафтные методы формируют основу для пространственного анализа и выделения однородных участков природно-территориального комплекса включают ландшафтное районирование и картографирование с использованием ГИС-технологий для фиксации видов и градаций негативного воздействия, визуализации депонирующих сред (почвы, биомасса) с использованием метода комплексного физико-географического профилирования для выявления парагенетических связей между компонентами геосистемы и между смежными природно-территориальными комплексами в пределах речной долины [5].

Эколого-химические методы направлены на изучение потоков вещества и диагностику загрязнения путем ландшафтно-геохимического анализа распределения химических элементов в компонентах ландшафта с выявлением геохимических аномалий и оценкой депонирующей способности природных сред.

Биогеохимический анализ фокусирует накопление загрязняющих веществ в растениях-концентраторах для выявления долгосрочных биогеохимических аномалий.<sup>1</sup>

Биоиндикационные методы оценивают состояние экосистемы по отклику биоты путем анализа состояния пойменных лесов умеренной зоны видами-эдикаторами ивы (*Salix acutifolia*, *S. triandra*, *S. viminalis*, *S. alba*) и тополя (*Populus nigra*), формирующие характерные сукцессионные ряды [6].

Дендроанатомический анализ является ключевым методом для решения поставленных задач, методология которых включает отбор кернов древесины доминирующих видов (ива) без существенного повреждения дерева; риготовление микроскопических препаратов и количественный анализ гистологических элементов годичного слоя: — измерение ширины годичного кольца как интегрального показателя прироста; определение плотности древесины; количественная оценка клеточных структур: площадь и количество сосудов, доля, размеры и толщина стенок волокон либриформа, соотношение ранней и поздней древесины.

Эти параметры прямо коррелируют с объемом синтезированной целлюлозы и лигнина, т. е. с количеством депонированного углерода.

Реконструкция динамики продуктивности и расчет скорости депонирования углерода с помощью аллометрических уравнений, связывающих анатомические параметры с биомассой.

Данные приборно-химических методов прямых измерений используются для точечной диагностики текущего состояния: газоаналитические измерения потоков CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> [7].

---

<sup>1</sup> Основы биологического мониторинга: учебник / С.В. Чернышенко, А.М. Луговской, Л.А. Луговская, В.С. Чернышенко. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КнюРус", 2022. — 198 с. — ISBN 978-5-406-08481-6. — EDN KHNJYK.

## Результаты и обсуждения

Особенности и объемы депонирования углерода в форме CO<sub>2</sub> пойменных лесах характеризуется рядом отличий от суходольных лесов наличием двух ключевых пулов — фитомассы и аллювиальных почв, обогащаемых аллохтонным органическим веществом; прямой зависимостью скорости процесса от гидрологического режима; высокой чистой первичной продукции быстрорастущих пород (объемы депонирования варьируют от 120 до 500 т углерода/га в суммарном пуле, а годовое депонирование может достигать 5–15 т CO<sub>2</sub>/га/год), что подчеркивает их значимость.

Дендроанатомические инструменты количественной оценки анализа гистологических элементов ивы предоставляет уникальные возможности ретроспективной оценки продуктивности, т. к. ширина годового кольца и плотность поздней древесины позволяют реконструировать динамику накопления биомассы за десятилетия. Точный расчет депонирования состоит в установлении корреляции между параметрами волокон либриформа (толщина стенок, объем) и массой целлюлозы дают основу для пересчета анатомических данных в объемы связанного CO<sub>2</sub>. Изменения анатомии (сужение диаметра сосудов, аномалии развития клеток) служат ранними диагностическими признаками гидрологического стресса, засоления или химического загрязнения, тяжелыми металлами для биоиндикации состояния среды.

Ширина годового слоя и количественные характеристики клеток выступают как высокоточные индикаторы для мониторинга естественной среды. Синхронные изменения ширины годовых колец в популяции точно отражают колебания уровня паводков и отражают климатические тренды.

Для оценки антропогенного воздействия резкое синхронное сужение диаметра годовых колец позволяет датировать начало негативного воздействия (возможно строительство дамбы и сброс загрязняющих веществ), а последующая динамика показывает устойчивость или деградацию экосистемы.

Различные методологические подходы обладают комплементарными преимуществами (табл. 1).

Таблица 1

### Сравнительная эффективность методов оценки состояния пойменных геосистем

Критерий сравнения	Дендроанатомические методы	Приборные (физико-химические) методы	Химические методы анализа проб
Временная ретроспектива	Высшая. Реконструкция трендов за более сотни лет с точностью до года или сезона	Ограничена настоящим или коротким периодом мониторинга	На момент отбора пробы, данные о прошлом с низким разрешением.
Интегральность и биологическая значимость	Высокая. Отражают интегральный отклик организма на комплекс стрессов. Показывают комплексный биологический эффект	Высокая специфичность. Фиксируют концентрацию конкретного вещества, но не биологический эффект	Высокая точность определения концентрации в среде. Не отражают последствия для биоты.
Локализация воздействия во времени	Точная датировка начала события (год, сезон).	Неприменима для датировки прошлых событий	Затруднена.
Экономическая и трудовая эффективность	Относительно высокая. Один керн содержит информацию за многие десятилетия.	Затратны высоки, (оборудование, частые выезды, энергопотребление)	Умеренные, но затраты растут при частом мониторинге.

Составлено авторами

Дендроанатомические методы незаменимы для ретроспективной и интегральной биологической оценки, долгосрочного мониторинга эффективности восстановительных мероприятий. Приборные и химические методы важны для точной идентификации текущих

загрязнителей, выявлении виновников сбросов и выбросов, мониторинга мгновенных выбросов и нормирования. Однако максимальная эффективность достигается при комбинированном применении всех подходов. Ландшафтные методы задают пространственную основу, дендроанализ выявляет историческую динамику и интегральный отклик, а приборно-химические методы уточняют текущую специфику загрязнения [8–15].

### Выводы

Пойменные лесные геосистемы являются динамичными и высокопродуктивными углеродными депозитариями, чей потенциал напрямую зависит от сохранения естественного гидрологического режима и минимизации антропогенной нагрузки. Комплексная геоэкологическая оценка этих территорий требует междисциплинарного подхода.

Представленная комбинированная методика, интегрирующая ландшафтный анализ, эколого-химический контроль и современные биоиндикационные методы, в особенности количественный дендроанатомический анализ гистологических элементов видов-эдикаторов рода Ива, позволяет проводить точную ретроспективную количественную оценку скорости и объемов депонирования CO<sub>2</sub>; осуществлять долгосрочный мониторинг геоэкологического состояния с высокой временной разрешающей способностью; выявлять и датировать как природные флуктуации, так и начало антропогенных нарушений; разрабатывать научно обоснованные прогнозы реакции экосистем на изменения и планировать эффективные восстановительные мероприятия.

Таким образом, развитие и внедрение подобных комплексных методик является ключевым условием для адекватной оценки вклада пойменных лесов в смягчение последствий изменения погодно-климатических условий, а также для разработки стратегий их сохранения и устойчивого управления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Губин, А.С. Древесные растения пойменных лесов / А.С. Губин, А.В. Бессонова, Е.А. Соломатина // Наука и Образование. — 2021. — Т. 4, № 4. — EDN VDZQUD.
2. Долгалева, Л.М. К вопросу о структуре пойменных лесов (национальный парк "Алханай") / Л.М. Долгалева // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. — 2010. — № 9. — С. 75–78. — EDN MUDTKI
3. Этапы изучения пойменных лесных ландшафтов долины Хопра / З.М. Сагова, Л.А. Межова, Л.А. Луговская, А.М. Луговской // Добродедовские чтения — 2018: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 18–19 октября 2018 года / Отв. ред. Ю.М. Гришаева. — Москва: Московский государственный областной университет, 2018. — С. 125–127. — EDN YSRYUX.
4. Марчик, Т.П. Применение методов биоиндикации для оценки экологического состояния природной среды пришкольной территории / Т.П. Марчик, А.П. Жилко // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология. — 2023. — Т. 13, № 3. — С. 178–185. — EDN JQQBXX
5. Непесова, Г.Б. Разработка и применение новых методов экологического мониторинга / Г.Б. Непесова, А. М. Пердаева // Инновационная наука. — 2024. — № 6-1. — С. 253–255. — EDN KFKWIE.

6. Биоиндикация как метод мониторинга в процессе территориального управления / А.М. Луговской, В.Т. Дмитриева, Л.А. Межова [и др.] // Проблемы региональной экологии. — 2013. — № 2. — С. 96–97. — EDN QBZEUN.
7. Межова, Л.А. Геоэкологический мониторинг трансграничных территорий долины реки Хопёр / Л.А. Межова, З.М. Сагова, Л.А. Луговская // Проблемы устойчивости эколого-хозяйственных и социально-культурных систем трансграничных регионов: Материалы международной научно-практической конференции, Псков, 20–21 ноября 2014 года. — Псков: ООО "ЛОГОС Плюс", 2014. — С. 222–225. — EDN YSUHSA.
8. Шаповалова, А.А. Фитоценотическое разнообразие пойменных лесов Среднего течения реки Хопер / А.А. Шаповалова // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. — 2018. — Т. 27, № 4-1. — С. 156–161. — DOI 10.24411/2073-1035-2018-10105. — EDN YAUUXJ
9. Будущее наших лесных ландшафтов / А.С. Губин, В.А. Попова, А.В. Ермилова, З.А. Новоселов // Наука и Образование. — 2020. — Т. 3, № 3. — С. 255. — EDN SKWJWI.
10. Косевич, Д.Ю. Экология леса / Д.Ю. Косевич, С.Ю. Дмитриева // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–25 марта 2022 года. Том I. — Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. — С. 126–127. — EDN XSQWGS.
11. Шурыгин, Г.В. Некоторые показатели о лесе / Г.В. Шурыгин, С.Г. Шурыгин, М.С. Шурыгина // Актуальные проблемы лесного комплекса. — 2024. — № 66. — С. 105–106. — EDN UGWOGH.
12. Размыслов, В.А. О состоянии наших лесов / В.А. Размыслов // Дальневосточная весна — 2018: Материалы 16-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 27 апреля 2018 года. — Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. — С. 314–317. — EDN RNWVJE.
13. Браславская, Т.Ю. Структура хвойно-широколиственных старовозрастных пойменных лесов в связи с вопросами их динамики / Т.Ю. Браславская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2014. — Т. 16, № 1-3. — С. 852–857. — EDN SXGPCF.
14. Шаталов, В.Г. Пойменные леса / В.Г. Шаталов, И.В. Трещевский, И.В. Якимов. — Москва: Лесная промышленность, 1984. — 160 с. — EDN XHIAVP.
15. Тинкпена, Б.Г. К вопросу о выборе методов экомониторинга / Б.Г. Тинкпена // Актуальные вопросы техники, науки, технологии: Сборник научных трудов национальной конференции, Брянск, 13–15 февраля 2025 года. — Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2025. — С. 116–118. — EDN PUFGTP.

### **Aryashev Ilya Vadimovich**

State University of Education, Moscow, Russia  
E-mail: [iv.aryashev@eduprosvet.ru](mailto:iv.aryashev@eduprosvet.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5458-0547>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1124799](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1124799)

### **Burukina Olga Alekseevna**

Prince Mohammad Bin Fad University, Al Khobar, Saudi Arabia  
Russian State Social University, Moscow, Russia  
E-mail: [obur@mail.ru](mailto:obur@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0496-3325>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=282766](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=282766)  
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/V-3335-2019>  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56939054700>

### **Lugovskoy Alexander Mikhailovich**

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia  
E-mail: [alug1961@yandex.ru](mailto:alug1961@yandex.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3985-4535>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=646226](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=646226)  
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/T-2729-2017>  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57204515758>

### **Lugovskaya Lyudmila Aleksandrovna**

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia  
E-mail: [lla1986@ya.ru](mailto:lla1986@ya.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-9596>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1006978](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1006978)  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=35731784900>

### **Gildenskiold Sergey Ruslanovich**

State University of Education, Moscow, Russia  
E-mail: [s.gildenskiold@mail.ru](mailto:s.gildenskiold@mail.ru)  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=297299](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=297299)

## **Analysis of the depositing potential and geocological state of floodplain forest geosystems using comprehensive methods**

**Abstract.** The article discusses the current problem of assessing the role of floodplain forest geosystems as significant pools of atmospheric carbon deposition in the context of the climate agenda. The high but vulnerable productivity of these ecosystems is emphasized due to the dynamic hydrological regime. Special attention is paid to the methodological framework, which includes a set of landscape, ecological, chemical and bioindication approaches for the geocological assessment of the territory. As a highly accurate tool for retrospective productivity analysis and biomonitoring of anthropogenic impact, the dendroanatomic method based on quantitative analysis of histological elements of annual layers of edifying species using the willow example is considered in detail. A comparative discussion of the effectiveness of dendrochronological, instrumentation, and chemical methods has been conducted, and the need for their combined use to develop scientifically sound measures to preserve and restore the depositing potential of floodplain forests has been substantiated.

**Keywords:** floodplain forests; carbon deposition; geosystem; geocological monitoring; dendrochronology; dendroanatomy; bioindication; anthropogenic impact; *Salix* spp.; histological elements