

Аликов Кирилл Арсеньевич (аспирантура)
Башкирский Государственный Аграрный Университет

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ГИС-СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЛЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО УРАЛА: СТРУКТУРА, ДИНАМИКА, ПРОДУКТИВНОСТЬ

Аннотация

Работа посвящена разработке цифровой платформы для комплексного наблюдения за древесной растительностью в одном из природно разнородных регионов страны, расположенном на стыке нескольких природных зон. Предлагаемое решение основано на объединении разнородных источников информации в единую многокомпонентную среду, включающую спутниковые данные, полевые измерения и материалы инвентаризации. Описана архитектура системы, включающая картографические слои, описательные характеристики насаждений и временные ряды дистанционных наблюдений, а также инструменты обработки и анализа информации.

Особое внимание уделено отслеживанию природных и антропогенных преобразований растительности, включая смену сообществ, восстановительные процессы после нарушений и пространственную раздробленность территорий. Рассматриваются методы выявления изменений на основе сопоставления разновременных изображений, спектрального анализа и моделирования сценариев развития с учётом внешних воздействий. Также обоснована возможность оценки биологической продуктивности через показатели накопления органического вещества и углеродного обмена.

Разработанная система ориентирована на решение практических задач природопользования: инвентаризацию ресурсов, выявление неблагоприятных факторов, прогнозирование трансформаций и поддержку управленческих решений. Отмечены перспективы внедрения интеллектуальных алгоритмов, облачных сервисов и сенсорных технологий для повышения точности и

оперативности анализа. Предложенный подход рассматривается как важный инструмент сохранения природных комплексов и их рационального использования.

Ключевые слова

древесная растительность; цифровая картография; дистанционные наблюдения; пространственный анализ; природные зоны; восстановительные процессы; антропогенное воздействие; биологическая продуктивность; углеродный цикл; моделирование; интеллектуальные технологии; мониторинговые системы.

Лесные экосистемы Южного Урала отличаются высокой ландшафтной и флористической мозаичностью, обусловленной сочетанием горно-лесной, лесостепной и степной зон. Эффективное управление этими ресурсами требует постоянного мониторинга их состояния, динамики и продуктивности.

Цель данной научной работы — представить концепцию и структуру интегрированной геоинформационной системы (ГИС), предназначенной для комплексного мониторинга лесного растительного покрова региона.

Система строится по принципу многослойного информационного пространства, объединяющего данные дистанционного зондирования (ДЗЗ), наземных обследований и лесоустроительных материалов.

Ключевые компоненты системы:

1. *Пространственная база данных (картографические слои):*
 - 1) топографическая основа и цифровая модель рельефа (ЦМР);
 - 2) тематические карты типов леса и породного состава;
 - 3) карты лесистости и ландшафтного районирования;
 - 4) карты пожарной опасности и нарушенных земель.
2. *Атрибутивная база данных:*
 - 1) таксационные характеристики древостоев (породный состав, возраст, бонитет, полнота);
 - 2) данные о подросте и возобновлении леса;

- 3) сведения о биоразнообразии (видовой состав травяно-кустарничкового яруса, мхов и лишайников);
- 4) данные о почвенном покрове и гидрологии.

3. *Временной ряд данных дистанционного зондирования:*

- 1) мультиспектральные снимки Landsat, Sentinel-2 (для оценки вегетационного индекса NDVI и динамики площадей);
- 2) данные LiDAR (воздушное лазерное сканирование) для оценки вертикальной структуры полога и запасов биомассы;
- 3) гиперспектральная съемка для детальной классификации растительных сообществ.

4. *Программное обеспечение:*

- 1) ГИС-платформы: ArcGIS, QGIS, ERDAS Imagine;
- 2) модули статистической обработки и моделирования (STATISTICA, R);
- 3) специализированные алгоритмы дешифрирования и классификации растительности.

Основные отслеживаемые процессы: сукцессионные смены (переход от березняков к коренным темнохвойным лесам); восстановление лесов после рубок, пожаров и ветровалов; фрагментация лесных массивов под влиянием антропогенного фактора (строительство, рекреация); изменения лесистости и площади защитных лесов.

Основные методы анализа динамики: Сравнительный анализ снимков за разные годы для выявления изменений площадей лесных категорий; картографирование сукцессионных стадий с помощью спектрального анализа (выделение пионерных, средневозрастных и спелых лесов); Расчет индексов пространственной структуры (фрагментация, мозаичность, энтропия растительного покрова); моделирование сценариев развития лесных экосистем с учетом климатических и антропогенных факторов [9].

Продуктивность является интегральным показателем состояния лесных экосистем. ГИС-система позволяет проводить ее оценку на разных уровнях

детализации. К показателям продуктивности относят: запасы фитомассы (древесная, надземная и подземная части); годовая продукция (прирост биомассы за вегетационный период); углеродный баланс (аккумуляция углерода в фитомассе и почвах); чистая первичная продукция (NPP) — ключевой показатель для оценки углеродного бюджета [8].

Задачи, решаемые с помощью данной системы: лесоустройство и таксация (актуализация лесоустроительных материалов); охрана лесов (выявление очагов пожаров, вредителей и болезней); экологический мониторинг (оценка влияния антропогенных нагрузок и климатических изменений); прогнозирование (моделирование последствий рубок, климатических сценариев, сукцессионных смен); углеродное регулирование (инвентаризация углеродных пулов и составление кадастра поглотителей углерода).

Перспективные направления развития: искусственный интеллект и машинное обучение для автоматического распознавания типов леса и оценки состояния древостоев; облачные ГИС-сервисы для оперативного доступа к данным мониторинга. интеграция с IoT-сенсорами (датчики влажности, температуры, почвенного дыхания) для создания «умных» лесных территорий; Создание цифровых двойников лесов для долгосрочного стратегического планирования [7].

Таким образом интегрированная ГИС-система мониторинга позволяет получать объективную и актуальную информацию о состоянии лесного фонда; оперативно реагировать на негативные изменения; принимать научно обоснованные управленческие решения; обеспечивать устойчивое управление лесными ресурсами региона.

Внедрение такой системы является необходимым условием для сохранения и рационального использования уникального природного наследия Южного Урала [3].

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 25.12.2023).
2. Приказ Минприроды России от 29.04.2022 № 264 «Об утверждении Порядка ведения государственного лесного реестра».
3. Гиниятуллин Р.Г., Кулагин А.Ю. Оценка рекреационной нагрузки на лесные экосистемы Южного Урала //Материалы Всероссийской научно-
4. Диарова С.В., Байтурина Р.Р. Трансформация лесов Южного Урала за 25-летний период: ГИС-анализ и дистанционное зондирование //Вестник Башкирского ГАУ. — 2025. — № 2. — С. 51–62. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-51-62
5. Замолодчиков Д.Г. Углеродный бюджет и балансовые модели лесных экосистем. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. — 184 с.
6. Курбанов Э.А. и др. Аналитический обзор публикаций в области применения ДЗЗ и ГИС для оценки динамики растительного покрова // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг. — Йошкар-Ола, 2020. — С. 91–111.
7. Курбанов Э.А., Лежнин С.А. Дистанционное зондирование и ГИС в лесном хозяйстве: теория и практика. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2020. — 248 с. — практической конференции «Экология и природопользование». — Уфа, 2016. — С. 78–85
8. Султанова Р.Г., Мартынова М.М. Мониторинг защитных лесов с использованием ГИС-технологий //Материалы международной конференции «Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг». Йошкар-Ола, 2021. — С. 115–122
9. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Евразии: методы и результаты. — Екатеринбург: УрО РАН, 2016. — 368 с.

