УДК 005.584.1

МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ

♦♦♦♦♦

MONITORING OF LANDS IN SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS FOR PREDICTING THE STATE OF LANDSCAPES

Титова Вера Эдуардовна
доктор экономических наук,
профессор кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
ver4741@yandex.ru

Сафонова Ульяна Николаевна
студентка,
Кубанский государственный технологический университет
Safonova.ulyana20@mail.ru

Белецкая Наталья Сергеевна
студентка,
Кубанский государственный технологический университет
n.beletskaya2002@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются способы контроля за землями заповедных зон. Цель – предсказать изменения природы из-за климата и деятельности человека.

Ключевые слова: мониторинг ООПТ, дистанционное зондирование, геоинформационные системы, NDVI-индекс, деградация ландшафтов, климатические изменения, антропогенная нагрузка.

Titova Vera Eduardovna
Doctor of Economics,
Professor of the Department
of Cadastre and Geoinformatics,
Kuban State Technological University
ver4741@yandex.ru

Safonova Ulyana Nikolaevna
Student,
Kuban State Technological University
Safonova.ulyana20@mail.ru

Beletskaya Natalia Sergeevna
Student,
Kuban State Technological University
n.beletskaya2002@gmail.com

Annotation. The article discusses ways to control the lands of protected areas. The goal is to predict changes in nature due to climate and human activities.

Keywords: monitoring of protected areas, remote sensing, geoinformation systems, NDVI index, landscape degradation, climate change, and anthropogenic pressure.

Современные ландшафты, особенно в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), сталкиваются с двойным вызовом: климатические аномалии – от учащения засух до экстремальных осадков – накладываются на растущий антропогенный пресс, трансформирующий естественные экосистемные процессы [1].

Цель исследования заключается в том, чтобы продемонстрировать, как интеграция геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования фиксирует текущие изменения и формирует основу для прогнозных моделей.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) выступают стратегическими рефугиумами биоразнообразия, обеспечивая не только сохранение редких и исчезающих видов, но и поддержание функциональной целостности экосистем. Центральная их миссия заключается в создании барьеров против антропогенной фрагментации ландшафтов: посредством строгого режима охраны здесь сохраняются ключевые биотопы, необходимые для выживания эндемичных и реликтовых видов [2]. Так, на территориях заповедников и национальных парков реализуются меры по восстановлению деградированных популяций – от реинтродукции крупных хищников до реабилитации редких растений, чьи ареалы сократились под давлением хозяйственной деятельности [1, 2]. Параллельно ООПТ служат уникальными «живыми лабораториями»: долгосрочные научные исследования, проводимые в их границах, позволяют отслеживать динамику природных процессов, выявлять закономерности сукцессий и разрабатывать прогнозные модели, критически важные для глобальной экологической повестки [2].

ООПТ важны для сохранения природы и просвещения общества. Они поддерживают гидрологический режим, накапливают углерод, способствуют опылению и являются буферными зонами, предотвращая экологический коллапс. Однако климатические изменения, такие как повышение температур, смещение сезонов и деградация вечной мерзлоты, угрожают их стабильности.

Антропогенные факторы, включая браконьерство, незаконные рубки, инфраструктуру и инвазивные виды, также разрушают экосистемы. Урбанизация создаёт изолированные «острова» с низкой устойчивостью [3]. Сохранение ООПТ критично для продовольственной безопасности, качества воды и климата. Для этого необходимы мониторинг, адаптивное управление и ограничение антропогенного воздействия.

Таблица 1 – Факторы трансформации горных экосистем: взаимосвязи, механизмы и региональные проявления [2, 4]

Категория факторов	Специфика воздействия	Экосистемные последствия	Примеры регионов
Климатические изменения	Повышение температур на 0,3–0,5 °C / десятилетие; смещение снеговой линии на 10–15 м/год	Перестройка высотной поясности: сокращение альпийских лугов, экспансия кустарниковых зон	Гималаи (таяние ледников Ганготри), Альпы (исчезновение вечной мерзлоты)
	Экстремальные осадки (до +25 % интенсивности ливней) при сокращении сезонного снега	Активизация селевых потоков; формирование временных русел, разрушающих почвенно-растительный слой.	Анды (Эль-Ниньо-индуцированные оползни в Перу)
Геоморфологические процессы	Динамика склонов (> 30°): сочетание гравитационных (обвалы) и флювиальных (размыв) сил	Формирование «мозаичных» ландшафтов: чередование обнажённых скал и локальных биоценозов	Кавказ (Домбайский карстовый массив), Тянь-Шань (селевые очаги)
	Землетрясения (6+ баллов): раскрытие трещин, изменение дренажных сетей	Спонтанное заболачивание долин; гибель эндемиков, адаптированных к сухим биотопам	Япония (разрушение склонов Фудзиямы после толчков 2011 г.)
Антропогенные факторы	Вырубка реликтовых лесов (например, арчи) на склонах крутизной > 25°.	Интенсификация склоновой эрозии: потеря 5–7 см почвы/год, формирование «бараньих лбов»	Памир (Таджикистан), Карпаты (Украина)
	Строительство ГЭС в узких ущельях: подпрудные озёра, изменение микроклимата долин	Миграция видов-гидрофитов вверх по склонам; подавление аутохтонных ксерофитных сообществ	Саяны (Саяно-Шушенская ГЭС), Гималаи (проекты в Непале)
	Перевыпас на высокогорных пастбищах (до 4 условных голов/га)	Деградация дернины, доминирование несъедобных видов (например, полыни); снижение углеродного депо	Тибетское нагорье, Альтиплано (Боливия)

NDVI-индекс – ключевой индикатор фотосинтетической активности растений, отражающий их жизнеспособность и плотность хлорофилла. Значения варьируются от –1 до 1: отрицательные указывают на абиотические объекты (вода, урбанизация), положительные – на интенсивность метаболических процессов [3, 4]. Интерпретация данных требует учёта множества факторов: видового состава, сомкнутости крон, оптических свойств почвы. Например, карбонатные грунты занижают NDVI, а угол наклона рельефа влияет на освещённость.

Темпоральная динамика индекса показывает нелинейность вегетационных циклов: рост значений коррелирует с накоплением биомассы, пик – с цветением, снижение – со старением тканей. Отклонения от типичных паттернов указывают на стрессовые условия: низкий NDVI – дефицит влаги или патогены, высокий – задержку созревания [3]. Связь NDVI с гидрологическими режимами проявляется через влияние влагообеспеченности и химического состава почвы на продуктивность экосистем. В засушливых регионах снижение индекса предшествует деградации почвы, в поймах – синхронизировано с паводковой динамикой. Антропогенные изменения водного режима нарушают эти корреляции. Почвенные параметры не только модулируют NDVI, но и сами зависят от него: сокращение растительного покрова ускоряет эрозию и снижает содержа-

ние органического вещества, что формирует порочный круг деградации [6, 7]. В условиях климатических изменений эта взаимозависимость усиливается: экстремальные осадки вымывают питательные элементы, а засухи минерализуют гумус, что отражается в долгосрочном снижении NDVI.

Таблица 1 – Ключевые аспекты мониторинга и прогнозирования состояния ландшафтов ООПТ

Аспект исследования	Методы/Инструменты	Основные результаты/Выводы
Динамика растительного покрова	NDVI-анализ, спутниковые снимки (Landsat, Sentinel), полевые замеры	Выявление зон стресса растительности, корреляция дефицита влаги с падением NDVI; прогноз продуктивности экосистем
Почвенно-водные режимы	ГИС-картографирование, гидрологические модели, агрохимический анализ	Установление связи между эрозией, засолением и антропогенным вмешательством; идентификация рисков опустынивания
Сценарии развития ландшафтов	Прогнозные модели (машинное обучение), климатические сценарии RCP	Ранжирование угроз: от локальной деградации до системного коллапса при комбинации климатических и антропогенных факторов
Зоны риска деградации	Интеграция LiDAR, тепловых снимков, социально-экономических данных	Картирование «точек невозврата» – участков с критической потерей биоразнообразия и почвенного плодородия

NDVI позволяет отслеживать изменения растительности и реконструировать процессы в почвенно-водной системе. Интеграция с гидрологическими моделями и агрохимическими данными открывает возможности для прогнозирования устойчивости ландшафтов [3]. Однако эффективность подхода зависит от калибровки с учётом локальной специфики.

Предсказание того, как будут меняться ландшафты в условиях усиливающихся климатических и антропогенных проблем, требует учёта сложного взаимодействия природных и социально-экономических систем [2, 3]. Изменения климата, которые проявляются в повышении температуры и изменении количества осадков, создают сценарии, где ключевым фактором становится нехватка воды [7]. Уменьшение способности почв впитывать воду, высыхание мелких рек и ухудшение состояния водно-болотных угодий запускают цепную реакцию экологических процессов [8]. Например, в засушливых регионах длительные периоды засухи, которые усугубляются частыми пыльными бурями, могут привести к опустыниванию. Это процесс, при котором потеря растительного покрова (о чём свидетельствует снижение индекса NDVI) приводит к преобладанию процессов разрушения, засолению почвы и необратимому уменьшению биологического разнообразия.

Строительство гидроэлектростанций, сопровождающееся затоплением пойм, не только меняет микроклимат в этой местности (повышая влажность и способствуя росту мезофитной растительности), но и нарушает баланс отложений: накопление аллювия в водохранилищах лишает нижележащие участки рек питательных частиц, что приводит к деградации пойменных лугов и уменьшению мест для нереста. Расширение городов, в свою очередь, трансформирует растительный мир через фрагментацию мест обитания: дорожные сети, становясь барьерами для миграции видов, способствуют распространению синантропных растений, а покрытие почвы асфальтом ухудшает инфильтрацию, усиливая эффект «теплового острова» и подтопление периферийных территорий [1].

Особую роль играет оценка агролесоландшафтов с использованием многоуровневых критериев, таких как сохранение биоразнообразия и устойчивость к эрозии. В этом случае деградация оценивается по шкале «норма — кризис — бедствие», где переход в категорию «риск» происходит при снижении продуктивности на 20–40 %, а «бедствие» – при потере более 70 % естественной растительности [4, 6].

Интеграция геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования (ДЗ) позволяет проводить многомерный анализ ландшафтов, объединяя пространственную точность и временную ретроспективу. Спектральные данные с дронов и

спутников (Sentinel, MODIS, Landsat) преобразуются в интерактивные карты, выявляя скрытые паттерны экологических процессов [6]. Например, индекс водности NDWI и тепловые инфракрасные каналы помогают мониторить потребность в орошении, прогнозируя продуктивность культур и корректируя поливы. Спутниковые сенсоры оценивают качество воды, выявляя зоны цветения цианобактерий и прогнозируя их распространение. В лесопользовании LiDAR-съёмка с картографированием дорог выявляет фрагментацию лесов и зоны риска пожаров. Автоматизация обработки данных минимизирует субъективность, превращая данные в стратегические решения.

Таким образом, исследование подтверждает, что устойчивость ландшафтов ООПТ зависит от сложного баланса факторов: структурных свойств почв, биопродуктивности, климатической стабильности – однако их взаимодействие всё чаще нарушается антропогенными вмешательствами, будь то фрагментация местообитаний или изменение гидрологических циклов.

Состояние ландшафтов определяется сложной иерархией природных и антропогенных факторов. Структурно-вещественные свойства (мощность гумуса, гранулометрия) задают устойчивость, а морфодинамические показатели (рельеф, экспозиция склонов) влияют на изменения. Биопродуктивность (NPP) служит индикатором здоровья, отражая климатические стрессы и локальные нарушения [3, 4]. Антропогенные нагрузки (забор воды, изменение гидрологического режима) могут нивелировать адаптивный потенциал. Интеграция ГИС и ДЗ выявляет причинно-следственные связи: анализ радиационного баланса и осадков прогнозирует смещение границ природных зон, а индекс антропогенной трансформации выявляет точки невозврата [4]. Многолетний мониторинг космических снимков, наземных замеров и моделирования отделяет фоновую изменчивость от тенденций деградации. Технологии становятся основой превентивного управления, сохраняя ландшафтное разнообразие в условиях глобальных вызовов.

Литература

1. Андреев Д.Н. Мониторинг особо охраняемых природных территорий / Д.Н. Андреев, А.И. Шатрова; Под редакцией С.А. Бузмакова // Проблемы антропогенной трансформация природной среды: Материалы международной конференции памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка, Пермь, 14–15 ноября 2019 года. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. – С. 38-41.
2. Рыбалова М.М. Методы экологического мониторинга для прогнозирования состояния ООПТ // Экологические чтения-2021: XII Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Омск, 04–05 июня 2021 года. – Омск : Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 593–599.
3. Фомина Н.В. Особенности проведения экологического мониторинга особо охраняемых природных территорий // Современные тенденции развития землеустройства, кадастров и геодезии: Материалы Всероссийской научной конференции, приуроченной к 30-летию Института землеустройства, кадастров и природообустройства, Красноярск, 15 марта 2022 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 134–138.
4. Бердиева А.Х. Особенности моделирование ландшафтной динамики горных экосистем / А.Х. Бердиева, Б.Р. Бегенджов // NovaInfo. – 2025. – № 147 – С. 343–346. – URL : https://novainfo.ru/article/21128 (дата обращения 28.03.2025).
5. Арутунян М.С. «Зелёное» строительство как путь к устойчивому развитию городов / М.С. Арутунян, Д.Д. Гринев // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью» Кубанского государственного технологического университета. Сборник научных статей. – Краснодар : ИП Кабанов В.Б. (издательство «Новация»). – 2024. – С. 404–412.
6. Липина Л.Н. Повышение эффективности мониторинга особо охраняемых природных территорий и объектов на землях лесного фонда Дальневосточного федерального округа / Л.Н. Липина, Е.Д. Румянцева // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – № 1–3. – С. 384–387.
7. Ерискина Т.О. Мониторинг особо охраняемых природных территорий на основе кадастровой информации, данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий / Т.О. Ерискина, Н.А. Кащенко, Е.М. Семенычева // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. – 2010. – № 5. – С. 77–82.

8. Миронова Л.А. Особо охраняемая природная территория – природный парк // Научный поиск в современном мире. Сборник материалов 9-й Международной научно-практической конференции, Махачкала, 31 мая 2015 года. – Махачкала : ООО «Апробация», 2015. – С. 55–57.

References

1. Andreev D.N. Monitoring of Specially Protected Natural Areas / D.N. Andreev, A.I. Shatrova; Edited by S.A. Buzmakov // Problems of Anthropogenic Transformation of the Natural Environment: Proceedings of the International Conference in Memory of N.F. Reimers and F.R. Shtilmark, Perm, November 14–15, 2019. – Perm : Perm State National Research University, 2019. – P. 38–41.
2. Rybalova M.M. Methods of Environmental Monitoring for Predicting the State of Protected Areas // Ecological Readings-2021: XII National Scientific and Practical Conference with International Participation, Omsk, June 04–05, 2021. – Omsk : Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2021. – P. 593–599.
3. Fomina N.V. Features of Conducting Environmental Monitoring in Specially Protected Natural Areas // Modern Trends in the Development of Land Management, Cadastral Systems, and Geodesy: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference Dedicated to the 30th Anniversary of the Institute of Land Management, Cadastral Systems, and Environmental Engineering, Krasnoyarsk, March 15, 2022. – Krasnoyarsk : Krasnoyarsk State Agrarian University, 2022. – P. 134–138.
4. Berdieva A.Kh. Features of Modeling the Landscape Dynamics of Mountain Ecosystems / A.Kh. Berdieva, B.R. Begendzhov // NovaInfo. – 2025. – № 147. – P. 343–346. – URL : https://novainfo.ru/article/21128 (date of application 28.03.2025).
5. Arutunyan M.S. «Green» Construction as a Path to Sustainable Urban Development / M.S. Arutunyan, D.D. Grinev // Collection of Scientific Papers Dedicated to the 60th Anniversary of the Department of Technology, Organization, Economics of Construction, and Real Estate Management at the Kuban State Technological University. Collection of Scientific Articles. – Krasnodar: IP Kabanov V.B. (Novation Publishing House). – 2024. – P. 404–412.
6. Lipina L.N. Increasing the Efficiency of Monitoring of Specially Protected Natural Areas and Objects on the Lands of the Forest Fund of the Far Eastern Federal District / L.N. Lipina, E.D. Rumyantseva // Far East: Problems of Development of the Architectural and Construction Complex. – 2019. – № 1–3. – P. 384–387.
7. Eriskina T.O. Monitoring of Specially Protected Natural Areas Based on Cadastral Information, Remote Sensing Data, and GIS Technologies / T.O. Eriskina, N.A. Kashchenko, and E.M. Semenycheva // Earth from Space: The Most Effective Solutions. – 2010. – № 5. – P. 77–82.
8. Mironova L.A. Specially Protected Natural Area – Natural Park // Scientific Search in the Modern World. Collection of materials of the 9th International Scientific and Practical Conference, Makhachkala, May 31, 2015. – Makhachkala : Approbation LLC, 2015. – P. 55–57.