

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДИ ПРИРОДООХРАННЫХ ЛЕСОВ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ГРОДНЕНСКАЯ ПУЩА» НА ОСНОВЕ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ LANDSAT

Н. А. Шестаков

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
shastakou23@gmail.com*

Приводятся результаты картографирования динамики площади природоохран-ных лесов ландшафтного заказника «Гродненская пуца» по разновременным мультис-пектральным космическим снимкам Landsat за 40-летний период (1984–2024 годы). Дана краткая характеристика территории исследования. Выполнен анализ изменений на основе геоинформационной обработки данных ДЗЗ в программном обеспечении ENVI и ArcGIS. Составлена карта динамики площади лесов заказника в среде ArcGIS и Adobe Illustrator.

Ключевые слова: картографирование динамики; данные ДЗЗ; дешифрирование; ГИС; лесная растительность; природоохранные леса; ООПТ.

Введение. Республиканский ландшафтный заказник «Гродненская пуца» объявлен 27 декабря 2007 года Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1 833 «О республиканских заказниках» в целях сохранения в естественном состоянии ценных природных ландшафтов, лесных и луговых экологических систем, дикорастущих растений и диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, а также мест их произрастания и обитания. Заказник расположен в западной части Беларуси на территории Гродненского района Гродненской области. В физико-географическом отношении «Гродненская пуца» располагается в пределах Средненеманской низменности округа Понеманье Западно-Белорусской провинции. После преобразования заказника в 2016 году площадь природоохранной территории составляет 20 487,52 га (204,88 км²) [1, 2].

Заказник имеет международный статус ключевой ботанической территории и является эталонной территорией для равнинных ландшафтов Европы: в границах ООПТ выявлено 57 типов леса, 12 лесных формаций. Ландшафтные заказники «Гродненская пуца», «Озеры» и «Котра» формируют экологическое ядро «Гродненская пуца» (Е4) Национальной экологической сети Беларуси [3].

Территория заказника является частью крупного лесного массива на границе Беларуси, Литвы и Польши. Лесные фитоценозы занимают порядка 2/3 площади заказника. В структуре лесного покрова доминируют сухие сосновые леса, среди которых встречаются участки березы, ели, реже осины и широколиственных лесов. Особую ценность представляют липовые, дубовые, ясеневые леса, а также коренные ельники высокого возраста на склонах вдоль рек Черная Ганча, Мариха, Шлямица. Среди ценных растительных сообществ заказника выделяются также старовозрастные березняки, переувлажненные черные ольшаники в поймах рек, дубравы на пойменных лугах. Вдоль Августовского канала произрастают пойменные сообщества тополя черного [4].

В ходе своего естественно-исторического развития лесные экосистемы претерпевают трансформацию, проявляющуюся в сокращении/увеличении лесопокрываемой площади, фрагментации лесных массивов, изменении структуры и породного состава лесов. Наличие изменений в экосистеме леса, обусловленных, как природными, так и антропогенными факторами, позволяет рассматривать лес в качестве объекта динамического картографирования. Применение разновременных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет отслеживать многолетнюю динамику развития лесных сообществ и выявлять изменения в их пространственном размещении в границах ООПТ, что особенно актуально и необходимо при ведении лесного хозяйства, картографировании, мониторинге и оценке состояния природоохранных лесов, управлении лесными ресурсами и их возобновлении.

Материалы и методы исследований. В данной работе проводится анализ изменений площади лесов на территории ландшафтного заказника «Гродненская пуца» за 40-летний период (1984–2024 годы) на основе сравнения разновременных космических снимков Landsat.

Цель исследования состоит в анализе и картографировании динамики площади природоохранных лесов на территории ландшафтного заказника «Гродненская пуца». Объектом исследования выступают природоохранные леса заказника. Предмет исследования – изменения площади лесов заказника.

Основой для картографирования лесов в работе являются данные ДЗЗ – разновременные мультиспектральные спутниковые снимки Landsat, полученные из архива Геологической службы США (United States Geological Survey) на территорию исследования. Космические снимки Landsat, регистрируемые в оптическом диапазоне спектра ($\lambda = 0,1–1\ 000$ мкм), получили широкое практическое применение при исследованиях наземных покровов, в т. ч. растительных, и характеризуются относительно высоким спектральным (6–7 спектральных зон съемки в видимом, ближнем и среднем инфракрасном диапазонах) и пространственным разрешением (30 м/пиксель).

При подборе космических снимков на территорию исследования учитывались особенности вегетационного периода растений (подбирались поздневесенние–летние снимки, когда листва (хвоя) активно вегетирует и ее спектральная отражательная способность достигает максимальных значений), а также наличие облаков и дымки (выбирались безоблачные или малооблачные снимки).

В результате обзора фонда космических снимков Landsat, доступ к которым осуществляется через Интернет-портал USGS EarthExplorer [5], были получены мультиспектральные снимки за 2 даты исследования – 21.05.2024 г. и 27.05.2024 г. (таблица, рис.1).

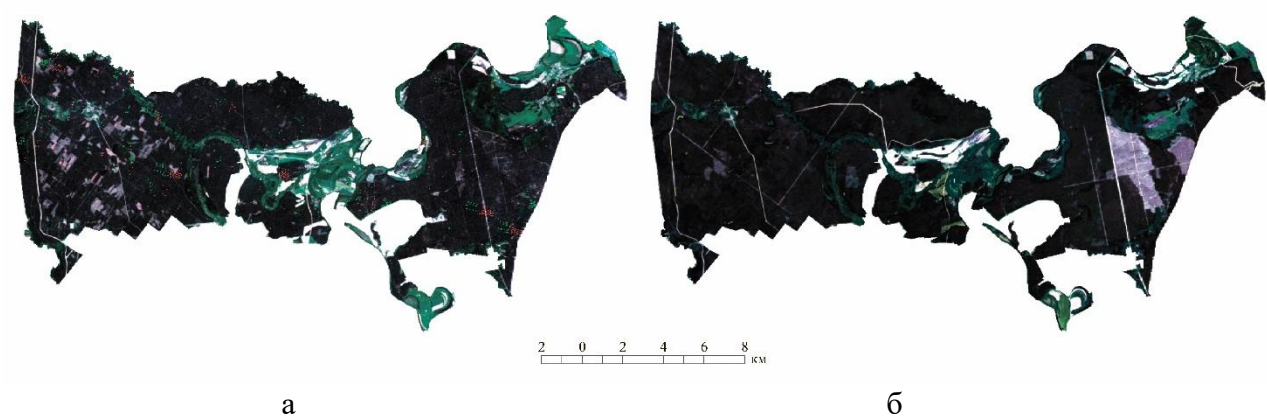


Рис. 1. Изображение территории заказника «Гродненская пуща» на данных ДЗЗ Landsat:
а – снимок Landsat-5 за 21.05.1984 г.; *б* – снимок Landsat-9 за 27.05.2024 г.

Характеристика используемых в исследовании данных ДЗЗ Landsat [5]

Название снимка в архиве USGS	Космический ап- парат (Сенсор)	Параметры съемки		
		Дата	Время	Облачность, %
LT05_L2SP_186023_19840521_20200918_02_T1	Landsat-5 (TM)	21.05.1984	08:47:04	10,00
LC09_L2SP_186023_20240527_20240528_02_T1	Landsat-9 (OLI-2)	27.05.2024	09:18:40	0,04

В основу исследования положены методы комплексной цифровой обработки данных ДЗЗ и получения на их основе тематического содержания проектируемой карты динамики. Методика исследования включает следующие этапы:

1. Предварительная подготовка данных ДЗЗ (геометрическая коррекция, атмосферная коррекция, радиометрическая калибровка).
2. Тематическая обработка данных ДЗЗ:
 - выделение областей интереса ROI (Regions of Interest) для 4-х классов поверхности (1 – лесной покров; 2 – травяной покров; 3 – почвенный покров; 4 – водные поверхности) в пределах территории заказника по 2-м снимкам;

– автоматизированное дешифрирование лесопокрытых территорий методом классификации с обучением (по каждому снимку за 2 даты исследования);

– постклассификационная обработка (объединение 4 тематических классов в 2 класса: 1 – лес; 2 – территория без леса; генерализация изображения);

– автоматизированное обнаружение изменений на основе сравнения результатов контролируемой классификации (по снимкам за 1984 и 2024 годы).

3. Картографическое оформление результатов тематической обработки данных ДЗЗ.

Предварительная и тематическая обработка космических снимков Landsat выполнялась в программном комплексе ENVI (версия 5.6) [6], специализирующемся на цифровой обработке данных ДЗЗ. Картографическое оформление результатов автоматизированного дешифрирования и обнаружения изменений осуществлялось в ГИС ArcGIS (ArcMap 10.7) и программе векторной графики Adobe Illustrator 2019.

Результаты и их обсуждение. На основе сравнения результатов классификации изображения разновременных космических снимков Landsat в программном комплексе ENVI выполнено автоматизированное обнаружение изменений площади природоохранных лесов территории заказника «Гродненская пуца» за 40-летний период с использованием инструментов «Change Detection». Картографически оформленные результаты обнаружения изменений представлены на рисунке 2.

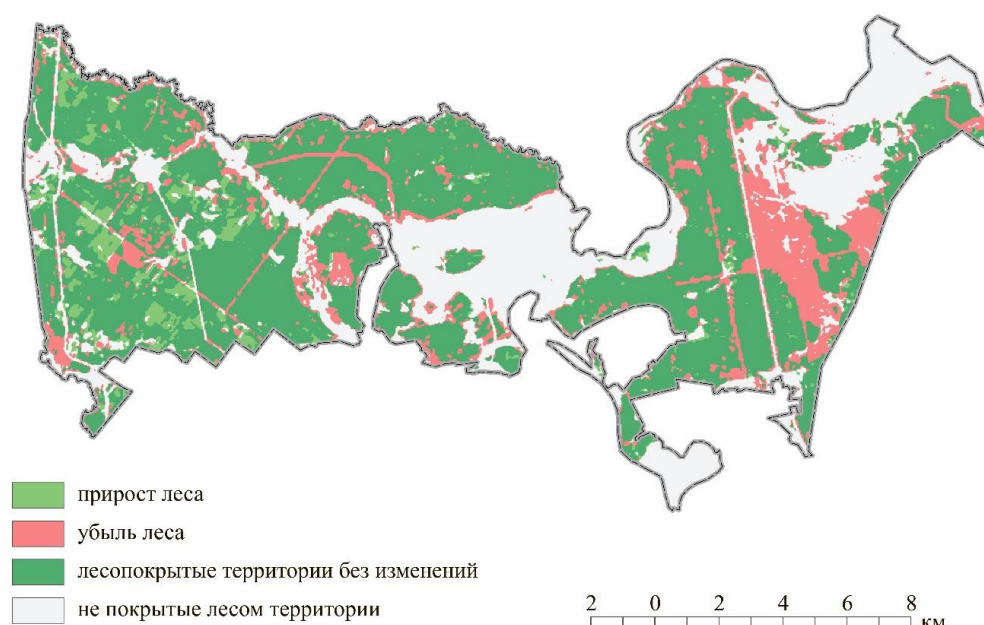


Рис. 2. Изменения в площади природоохранных лесов заказника «Гродненская пуца» за 40 лет (с 1984 по 2024 год) по данным ДЗЗ Landsat

Автоматизированное дешифрирование лесов выполнялось в программном комплексе ENVI с использованием алгоритма контролируемой классификации «Maximum Likelihood Classification». По результатам автоматизированного дешифрирования и обнаружения изменений за 40-летний период установлено:

1. Лесистость территории заказника «Гродненская пуца» в его современных границах (204,88 км²) согласно результатам автоматизированного дешифрирования по данным ДЗЗ Landsat составила порядка 65,92 % (135,06 км²) в 1984 году и 64,58 % (132,31 км²) в 2024 году при общей точности классификации 89,9 %. Основные неточности и ошибки классификации снимков связаны с пространственным разрешением изображения (в 1 пикселе – 30 м), а также сходством спектральных характеристик лесной и древесно-кустарниковой растительности (необходим контроль классификации с привлечением структурных и геометрических дешифровочных признаков).

2. За 40-летний период общая площадь лесов сократилась менее, чем на 5 %. Общий прирост леса составил 7,32 % (14,99 км²) от площади территории заказника, общая убыль – 8,66 % (17,74 км²).

3. Наблюдаются изменения в территориальном распределении лесов на территории заказника в течение 40 лет. В 1984 году площадь лесов в западной части заказника была меньше современной на 8–10 %, что связано с наличием большого числа рубок (как правило, сплошных). За 40 лет на месте рубок произошло восстановление лесного покрова, соответственно, площадь лесов в данной части заказника увеличилась. В восточной части фиксируется сокращение площади лесов в 2024 году на 7–8 % (сведен значительный участок леса). Также выявлено сокращение площади лесов в западной и центральной части заказника, обусловленное появлением новых рубок, просек и дорог.

В результате общее сокращение лесопокрытой площади территории заказника в значительной степени компенсируется общим приростом.

Заключение. Использование разновременных мультиспектральных космических снимков Landsat дает возможность исследовать и картографировать динамику природных объектов и явлений за продолжительный период времени (что продемонстрировано в работе на примере природоохранных лесов ландшафтного заказника «Гродненская пуца»). При этом наличие в открытом доступе архивных снимков позволяет охватывать не только большие временные промежутки (десятилетия), но и малые (месяц, сезон, год), что, в свою очередь, способствует повышению детальности и информативности результатов исследований, а также увеличению временного масштаба создаваемых на основе тематической обработки данных ДЗЗ карт динамики.

Библиографические ссылки

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О республиканских заказниках» от 27 декабря 2012 г. г. № 1 833 (с изм. и доп. по сост. на 17.11.2016 г.). Минск : НРПА РБ, 2016. 4 с.
2. Заказник Гродненская пуца [Электронный ресурс]. URL: https://www.minpriroda.gov.by/ru/svg_map-ru/getElement/116 (дата обращения: 10.09.2024).
3. Республиканский ландшафтный заказник «Гродненская пуца» [Электронный ресурс]. URL: https://grodnorik.gov.by/ru/oopt_pushcha-ru (дата обращения: 10.09.2024).
4. Национальная экологическая сеть Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://minpriroda.gov.by/ru/national-ecological-network-ru/> (дата обращения: 10.09.2024).
5. Earth Explorer USGS [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 10.09.2024).
6. ENVI 5.1. Руководство пользователя. Москва : Компания «Совзонд», 2014. 242 с.