

*С. А. Лоскутов<sup>1✉</sup>, Е. М. Короткова<sup>1</sup>, Г. И. Юрина<sup>2</sup>*

## **Мониторинг вырубок на землях лесного фонда с использованием данных дистанционного зондирования Земли**

<sup>1</sup>Томский Государственный Архитектурно-Строительный Университет,  
г. Томск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: sergej.volk.2001@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрена методика определения площадей рубок по данным дистанционного зондирования Земли на примере Тегульдетского и Первомайского районов Томской области за период с 2014 по 2023 год. С помощью расчета индекса NDVI по данным космоснимков спутника Landsat 8 в программе QGIS проведена оценка площадей земель лесного фонда, подвергшихся рубкам.

**Ключевые слова:** вырубки лесов, мониторинг, ДЗЗ, Landsat, NDVI

*S. A. Loskutov<sup>1✉</sup>, E. M. Korotkova<sup>1</sup>, G. I. Jurina<sup>2</sup>*

## **Monitoring of logging activities on forest land using remote sensing data**

<sup>1</sup>Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russian Federation

<sup>2</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
e-mail: sergej.volk.2001@mail.ru

**Abstract.** The paper discusses a methodology for determining logging areas based on remote sensing data, using the example of the Teguldetsky and Pervomaysky districts of Tomsk Region from 2014 to 2023. By calculating the NDVI index from Landsat 8 satellite imagery in QGIS, an assessment was conducted of the forest land areas subjected to logging.

**Keywords:** logging, monitoring; remote sensing data; Landsat; NDVI

### ***Введение***

Леса представляют собой фундаментальный компонент биосферы, обеспечивающий поддержание экологического равновесия планетарного масштаба. Сегодня леса занимают около трети суши - 38 миллионов квадратных километров. В России лес расположен на площади 8,5 миллиона квадратных километров – свыше 40% территории страны. Согласно статистике по 561 вырубке лесов, в год по всему миру рубится порядка 200 тыс. км<sup>2</sup> лесов. [1]

Существенной особенностью проблемы вырубок лесов является поиск баланса между потенциалом возобновления лесных ресурсов и методами их эксплуатации. При соблюдении регламента лесозаготовки и реализации адекватной политики лесовосстановления возможно поддержание устойчивого баланса. Однако нелегальные рубки нарушают естественные процессы регенерации и дестабилизируют функционирование лесных экосистем. [2] Осознание масштабов и

комплексной природы проблемы является основополагающим фактором для разработки эффективных мер по сохранению лесных ресурсов. Развитие технологий дистанционного зондирования Земли предоставляет перспективные инструменты для противодействия нелегальным вырубкам. Данный метод мониторинга обеспечивает возможность оперативного выявления изменений в лесных массивах и своевременного обнаружения фактов браконьерства в режиме реального времени. [3]

Спутниковые системы наблюдения, такие как Landsat миссий 8-9 обеспечивают получение детальных данных о состоянии лесных территорий, что значительно усложняет возможность скрыть следы незаконных рубок. Благодаря высокой точности и регулярности наблюдений, специалисты могут не только фиксировать факты нарушений, но и определять потенциально опасные участки, требующие усиленного контроля. [4]

Интеграция данных дистанционного зондирования в системы лесного мониторинга позволяет создать эффективную превентивную защиту лесных массивов, существенно повышая прозрачность лесозаготовительной деятельности и снижая возможности для незаконных действий.[5]

### ***Методы и материалы***

В работе рассмотрена методика определения площадей рубок по данным дистанционного зондирования Земли (снимки спутника Landsat 8) на примере Тегульдетского и Первомайского районов Томской области за период с 2014 по 2023 год, проведена оценка площадей земель лесного фонда, подвергшихся вырубкам.

Оценка площадей рубок выполнена с помощью индекса NDVI. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный индекс растительности широко используется в задачах дистанционного мониторинга растительности и позволяет определить продуктивность растительных систем. NDVI может быть рассчитан по данным спутника Landsat 9 с использованием каналов B4 с диапазоном 0,636-0,673 мкм (красный) и B5 с диапазоном 0,851-0,879 (ближний инфракрасный). Этот показатель можно рассчитать с помощью следующей формулы:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

где NIR – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра;

RED – коэффициент отражения в красной области спектра.

Космоснимки спутника Landsat 9 были получены с помощью веб-сайта <https://earthexplorer.usgs.gov>. Для их получения был выбран район, в котором осуществлялись рубки в 2014-2023 гг., указаны интересующие даты, выставлены параметры облачности и определен набор данных. После этого, сервис предоставил список изображений, находящихся в базе данных. Каждое из изображений

можно отобразить на карте и выбрать наиболее подходящее. Для того чтобы снимок имел привязку, необходимо скачивать файлы в формате GeoTIFF.

Таким образом, были найдены снимки, охватывающие основные массивы вырубок на территории Первомайского и Тегульдетского районов за летний период 2014, 2017 и 2023 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Исходные космоснимки

| Год     | Дата       | Снимки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2014 г. | 4 Августа  | <div>       </div>                                                                                                                                                                         |
| 2017г.  | 28 августа | <div>         </div> |
| 2023г.  | 4 августа  | <div>       </div>                                                                                                                                                             |

Дальнейшая обработка снимков и расчет индекса NDVI производились в программе QGIS.

### Результаты

Из исходных космоснимков в красном и инфракрасном диапазонах в программе QGIS был рассчитан индекс NDVI за 2014, 2017 и 2023 гг. Пример изображения с рассчитанным NDVI представлен на рис. 1.

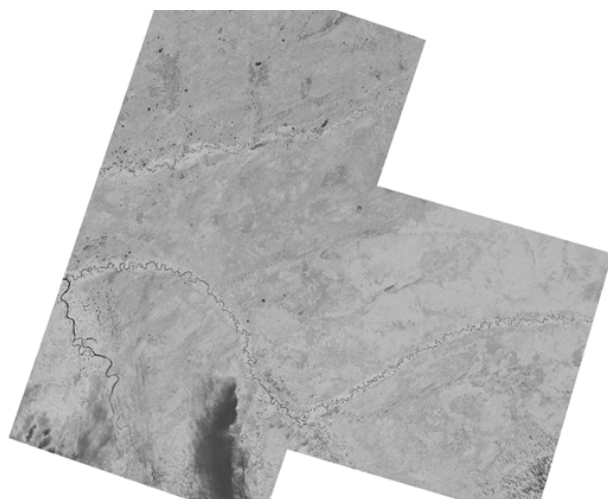


Рис. 1. Результат расчёта NDVI за 2014 г.

Для выявления участков, пострадавших от лесозаготовки, были использованы результаты расчета индекса NDVI. Чтобы отделить участки вырубок от остальных лесных массивов, необходимо использовать инструмент «Калькулятор растра» в меню «Растр». Для этого ориентируясь на значения NDVI необходимо определить пороговое значение, являющееся границей между вырубками и нетронутыми лесными насаждениями. В открывшемся окне инструмента «Калькулятор растров» необходимо выбрать слой с рассчитанным NDVI, установить оператор сравнения «>» (больше) и ввести пороговое значение. В результате выполнения операции был создан новый растровый слой, содержащий только 2 значения: вырубки и нетронутый лес.

Далее была проведена векторизация полученного растрового слоя. В результате данной операции был создан векторный слой, в атрибутивной таблице которого содержится информация о полигонах вырубок. Масштабы разрастания лесных вырубок и уменьшение объемов растительности по годам на примере Тегульдетского района представлены на (рис. 2).

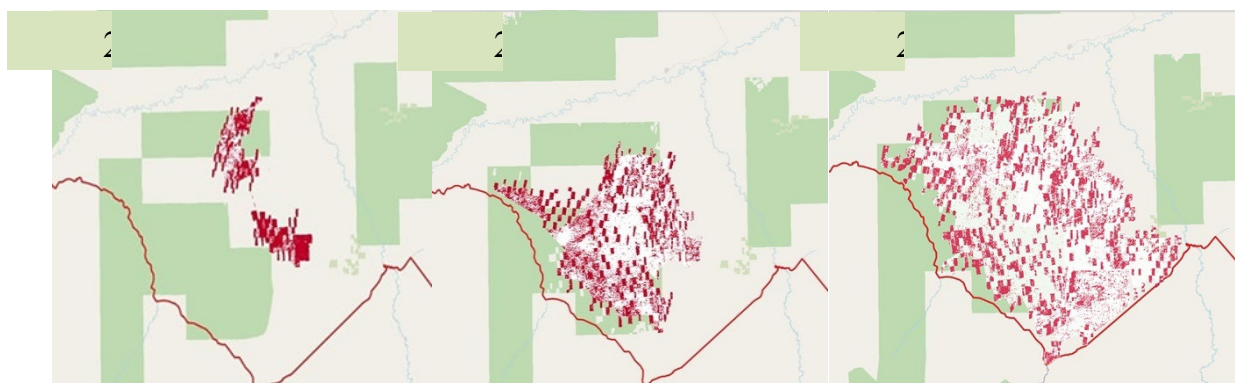


Рис. 2. Идентификация вырубок в Тегульдетском районе 2014-2023 гг.

Используя данные о полигонах вырубок в полученных векторных слоях были рассчитаны общие площади лесных вырубок в Первомайском и Тегульдетском районах за период с 2014 по 2023 г. (табл. 2)

Таблица 2

Площадь вырубок в исследуемых районах

| Год  | Площадь вырубок    |                       |                     |                       | Всего, км <sup>2</sup> |
|------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
|      | Первомайский район |                       | Тегульдетский район |                       |                        |
|      | В км <sup>2</sup>  | В % от площади района | В км <sup>2</sup>   | В % от площади района |                        |
| 2014 | 69                 | 0.46 %                | 47                  | 0.39%                 | 116                    |
| 2017 | 139                | 0.92 %                | 114                 | 0.95%                 | 252                    |
| 2023 | 155                | 1.03 %                | 664                 | 5.53%                 | 819                    |

Таким образом, видно, что за период 2014-2023 площадь вырубок в обоих районах увеличилась со 116 км<sup>2</sup> до 819 км<sup>2</sup>, т. е. в 7 раз. Установлено, что очаги вырубок с каждым годом расширяются. Так в Первомайском районе с 2014 по 2023 год площадь вырубок выросла в 2,2 раза, в Тегульдетском районе с 2014 по 2017 год площадь вырубок увеличились в 2,4 раза, с 2017 по 2023 год в 5,8 раз.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларченко Д. А. Разработка автоматизированной системы для планирования вырубки леса // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук : Материалы V Международной научно-практической конференции (школы-семинара) молодых ученых, Тольятти, 22–24 апреля 2019 года. Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2019. С. 560-564.
2. Земля из космоса: законодательство, правовое регулирование и судебная практика / Под общей редакцией А. А. Балагурова. М., 2014. 192 с.
3. Федеральный закон от 04.12.2006 N 200-ФЗ «Лесной кодекс Российской Федерации» (ред. от 26.12.2024).
4. Тимижева О. З., Карашаева А. С. Дистанционное зондирование земли // Экономика и социум. 2018. Т 46, №3. С. 503-507.
5. Николаева О. Н., Никитина Н. А. Применение данных дистанционного зондирования земли для совершенствования системы учета земель лесного фонда Российской Федерации // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4, № 2. С. 17-22.

© С. А. Лоскутов, Е. М. Короткова, Г. И. Юрина, 2025