

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ GEE ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕЗАКОННЫХ РУБОК В БОДАЙБИНСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

Сделана оценка процессов цифровизации в лесном комплексе РФ. Отмечена необходимость значительных затрат времени и усилий на внедрение ФГИС ЛК. В то же время требуется проводить оперативное выявление незаконных рубок. На примере Бодайбинского лесничества Иркутской области был проведен пошаговый анализ с использованием облачной платформы Google Earth Engine (GEE). На первом шаге рассчитан вегетационный индекс NDVI на основе композитных снимков Sentinel-2 за август 2025 г. для лесничества, сделано заключение о текущем распределении растительности. На втором шаге с помощью набора данных Global Forest Change (GFC) построена карта распределения лесопотерь и лесовосстановления в лесничестве. Далее с помощью алгоритма LandTrendr проведена проверка параметров для участка незаконной рубки, определен год лесонарушения. Построена карта участков лесонарушений по годам. С помощью алгоритма CCDC определен сезон рубки. Сделано заключение о возможном использовании GEE для подготовки материалов для выявления незаконных рубок.

Ключевые слова: цифровизация; Бодайбинское лесничество; Hansen Global Forest Change; Google Earth Engine; LandTrendr, CCDC.

E.V. Boldanova

USING THE GEE CLOUD PLATFORM TO DETECT ILLEGAL LOGGING IN THE BODAIBINSKOYE FORESTRY OF THE IRKUTSK REGION

An assessment of digitalization processes in the Russian forestry sector was conducted. The significant time and effort required to implement the Federal State Information System for Forest Management (FGIS LK) was noted. At the same time, the rapid detection of illegal logging is essential. Using the Bodaibo Forestry in the Irkutsk Region as a case study, a step-by-step analysis was conducted using the Google Earth Engine (GEE) cloud platform. In the first step, the NDVI vegetation index was calculated based on composite Sentinel-2 images for August 2025 for the forestry, and a conclusion was drawn about the current vegetation distribution. In the second step, a map of forest loss and reforestation distribution in the forestry was constructed using the Global Forest Change (GFC) dataset. Next, the LandTrendr algorithm was used to validate the parameters of the illegal logging site and determine the year of forest violation. A map of forest violation sites by year was constructed. The CCDC algorithm was used to determine the logging season. A conclusion was

reached regarding the potential use of GEE for preparing materials for the detection of illegal logging.

Keywords: digitalization; Bodaibo forestry; Hansen Global Forest Change; Google Earth Engine; LandTrendr, CCDC.

Иркутская область отличается от других регионов РФ высоким процентом лесистости территорий. С другой стороны — порядка половины незаконных лесных рубок регистрируется тоже здесь [1; 2]. Поэтому проблема выявления незаконных лесных нарушений достаточно актуальна.

Одним из способов борьбы с незаконными рубками выступает цифровизация в лесной отрасли. Основой цифровизации является создание единой информационной системы (ИС) в отрасли. Последние десятилетия происходил переход от разрозненных частных ИС к федеральной ЛесЕГАИС. Внедрение и доработка этой системы заняло порядка семи лет [2]. Но эта ИС решает только вопросы учета заготовок и поставок древесины. С 1 января 2025 г. запущена в эксплуатацию ФГИС ЛК, подразумевающая больший функционал, интеграцию различных баз данных и возможности анализа. Но потребуются достаточно много времени и усилий на доработку этой системы, прежде чем она заработает в ожидаемом режиме.

ФГИС ЛК интегрируется с облачной платформой ГосТех в домене «Экология» [1]. В этом домене предусматривается интеграция ИС Минприроды, Рослесхоза, Роснедра. Кроме ФГИС ЛК будут подключены и другие ФГИС «Экомониторинг».

При создании и интеграции ФГИС возникает множество проблем. Но основные связаны, во-первых, с несоответствием входных и выходных данных о лесах [2], во-вторых, несоответствие цели цифровизации в лесном комплексе (ЛК) РФ современным тенденциям. В России еще с советских времен устоялась основная направленность в ЛК с упором на целлюлозно-бумажную промышленность (ЦБП). Но в остальном мире ЦБП используется как утилизатор отходов деревообработки, а сама деревообрабатывающая промышленность и производство мебели являются основными. Поэтому при создании новых ФГИС необходима не только новая стандартизация сбора и обработки данных, но и пересмотр целей развития ЛК.

Пока происходит внедрение ФГИС ЛК, выявление незаконных рубок должно продолжаться. Одно из направлений – использование данных дистанционного зондирования. За рубежом достаточно широко для этих целей используется облачная платформа Google Earth Engine (GEE). Так, например, в работе Ян Ху [5] проведен анализ лесопотерь в Приморском крае РФ. Показана возможность использования накопленного массива данных по снимкам Landsat, начиная с 1984 г. Выявлено, что 90 % лесных нарушений происходят на территориях с уклоном менее 18°, на расстоянии менее 20 км от населенных пунктов и менее 10 км от дорог. Проведено сравнение результатов, полученных традиционными методами (разность спектральных индексов, классификация) и алгоритмами LandTrendr. LandTrendr строится на создании ежегодных композитных снимках за выбранный пользователем сезон. На основе указанного спектра или

спектрального индекса выявляются сегменты, имеющие схожие характеристики (рост, усыхание, стабилизация, резкий спад), определяются поворотные точки.

В итоге алгоритм возвращает номера лет начала и конца сегментов, продолжительность и магнитуду изменений. На основании этих данных появляется возможность составлять карты резких либо постепенных изменений, характерных для растительности. Использование алгоритма позволяет также определять достаточно точно год, в который происходило резкое изменение (рубка или пожар) и продолжительность восстановления [3]. Существуют и другие алгоритмы для обработки массива космоснимков Landsat в GEE. Одним из таких алгоритмов является CCDC (Continuous Change Detection and Classification) – Непрерывное обнаружение и классификация изменений [7]. При анализе рубок или других лесных нарушений этот алгоритм позволяет определить не только год, но и сезон изменения.

В качестве объекта исследования было выбрано Бодайбинское лесничество Иркутской области. Район достаточно обширный и труднодоступный, экономика района строится на добывающей промышленности. В то же время здесь ведутся лесные рубки, в большой степени – незаконные. Для проверки возможности идентификации таких лесных нарушений был проведен анализ в GEE.

Во-первых, была проведена общая оценка растительности на основе вегетационного индекса NDVI по снимкам Sentinel-2 для августа 2025 г. (рис. 1).



Рис. 1. Состояние растительности в Бодайбинском районе Иркутской области по индексу NDVI на август 2025 г.

Южная часть гористая, основные лесонасаждения находятся вдоль рек. Особенно это хорошо видно по берегам р. Витим ниже г. Бодайбо (рис. 2).

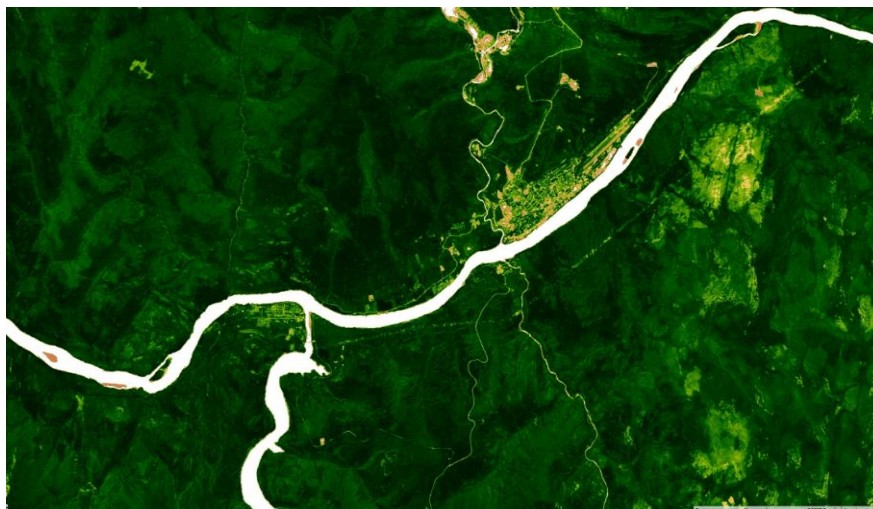


Рис. 2. Пример распределения лесонасаждений вдоль р. Витим ниже г. Бодайбо

Далее был проведен ретроспективный анализ убыли и восстановления лесов по Бодайбинскому лесничеству на основе данных Hansen Global Forest Change (GFC) (рис. 3). Этот массив данных построен на результатах анализа снимков Landsat за 2000–2024 гг. и считается достаточно точным для бореальных лесов [4].

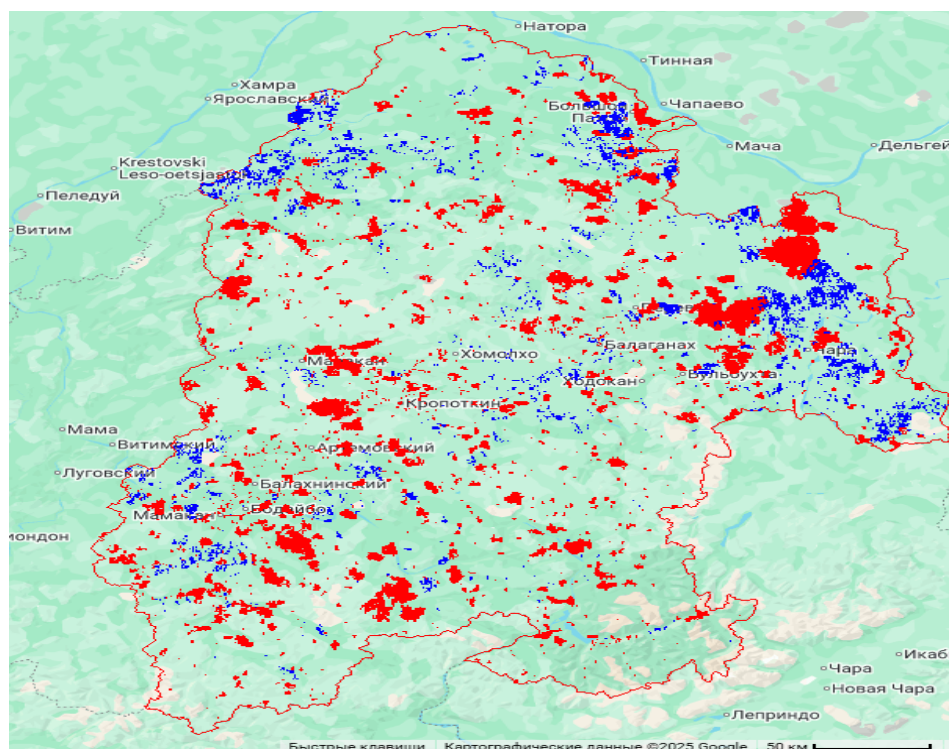


Рис. 3. Распределение участков убыли (красный цвет) и восстановления лесов (синий цвет) по данным GFC

Площади лесопотерь включают как лесные пожары, рубки, так и распашку земель под сельхозугодья или строительство. На полученной карте видны обширные участки лесных пожаров, которые находились в зоне космомониторинга, а также мелкие участки, которые находятся предположительно на территориях с хорошо развитой лесной растительностью.

Следующим шагом было проверить участки, прилегающие к берегам р. Витим, с помощью алгоритма Landtrendr. В радиусе 10 км от берега и от границы г. Бодайбо были обнаружены характерные участки со свежими вырубками (рис. 4). Отличительная особенность лесной рубки — наличие лесных дорог и следы волоков, а незаконной рубки — хаотичная форма вырубки, не соответствующая стандартным формам разрешенных рубок.

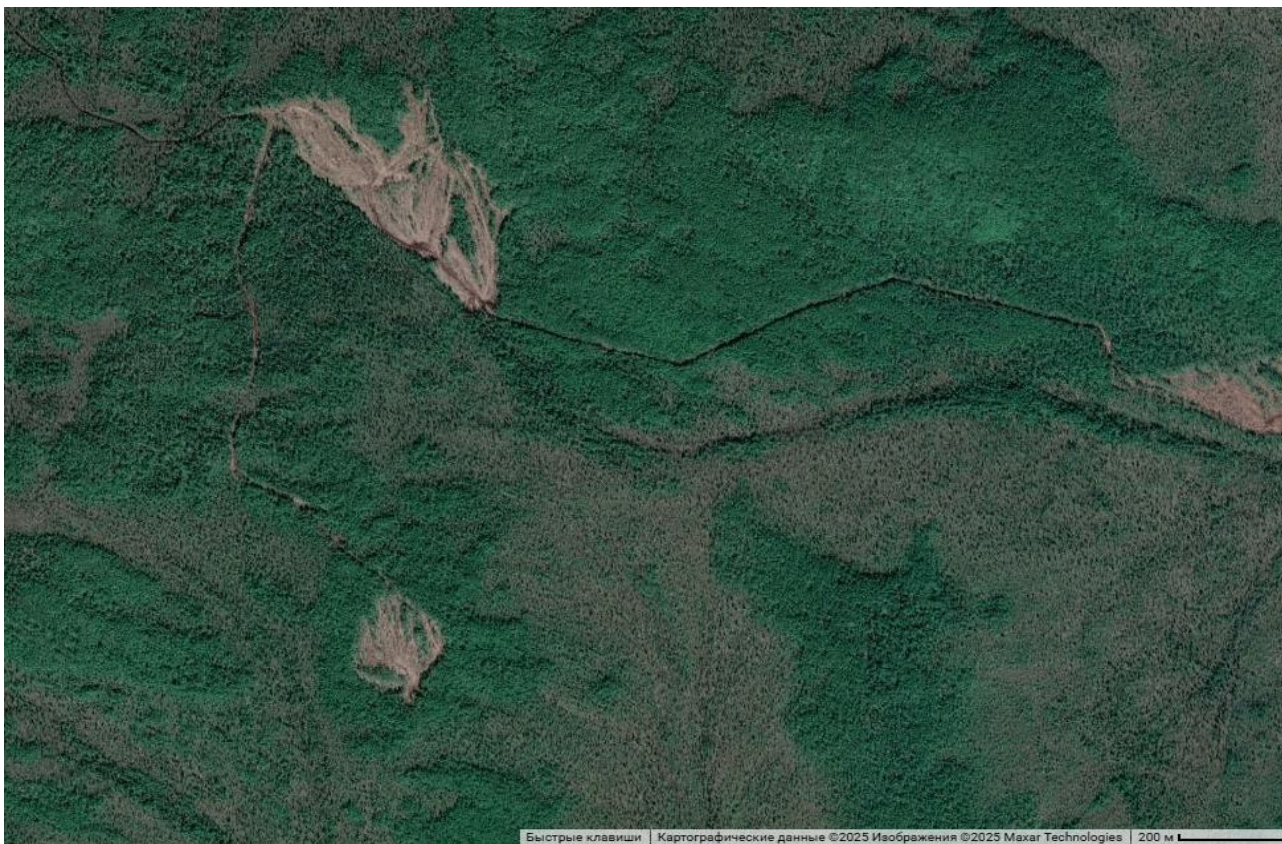


Рис. 4. Выбранный участок для анализа динамики изменений лесонасаждений

Для данного участка был проведен анализ в LandTrendr с параметрами: период с 1984 по 2025 гг., сезон с 10 июня по 20 августа. Остальные параметры были оставлены по умолчанию. В качестве спектральных индексов были выбраны NBR и NDVI (NBR считается наиболее чувствительным для выявления изменений) [6]. Результат расчета представлен на рис. 5.

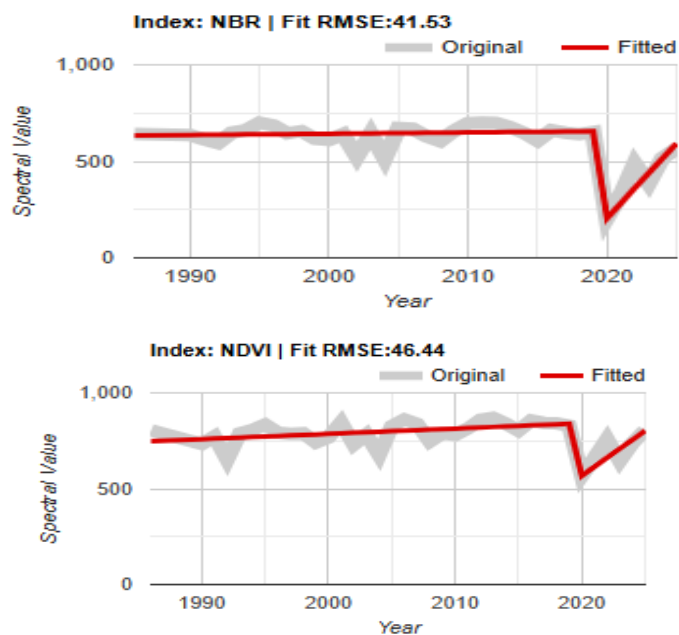


Рис. 5. Результат расчета алгоритма LandTrendr

Очевидно, что рубка произошла в 2020 г. На основе подобранных параметров становится возможно составление предварительной карты изменений на выбранном участке. На рис. 6 представлен фрагмент карты распределения лесопотерь по годам.

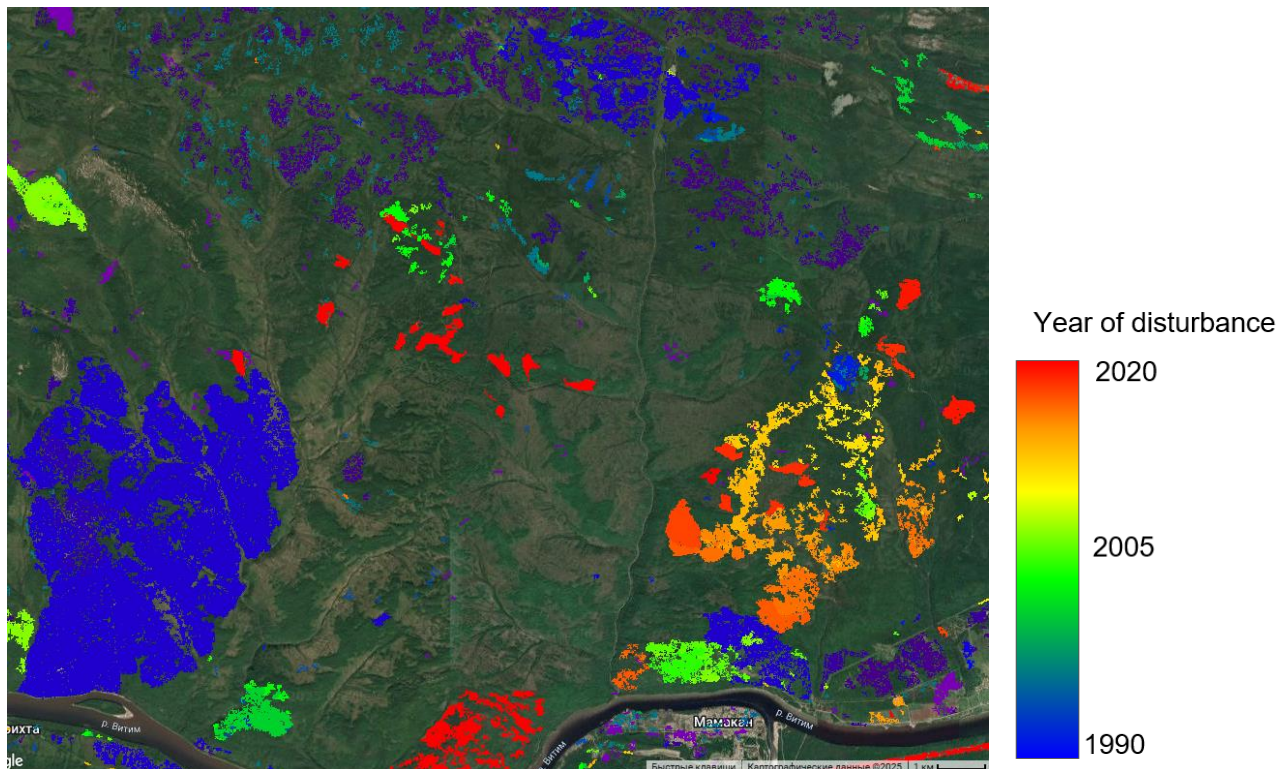


Рис. 6. Карта лесопотерь по годам

По карте видно, что в 1990-е годы произошел достаточно большой лесной пожар, а последние годы наблюдается убыль лесов на небольших участках.

На выбранном по рис. 4 участке изменения так же фиксируются (рис. 7). Кроме того, рядом обнаружены новые участки нелегальных рубок.

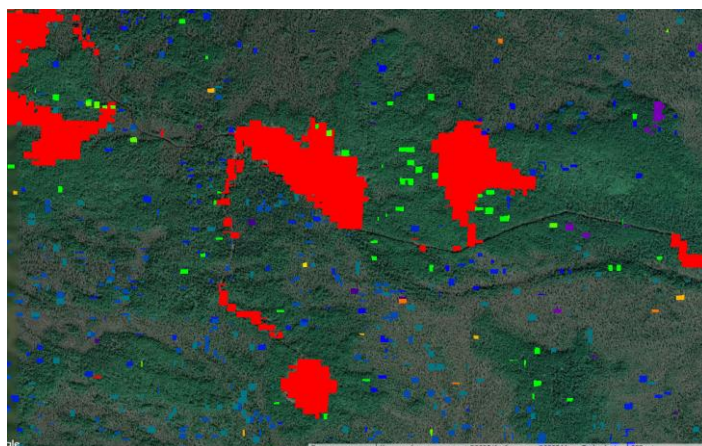


Рис. 7. Участки нелегальных рубок

С помощью алгоритма CCDC есть возможность определить сезон рубок (рис. 8).

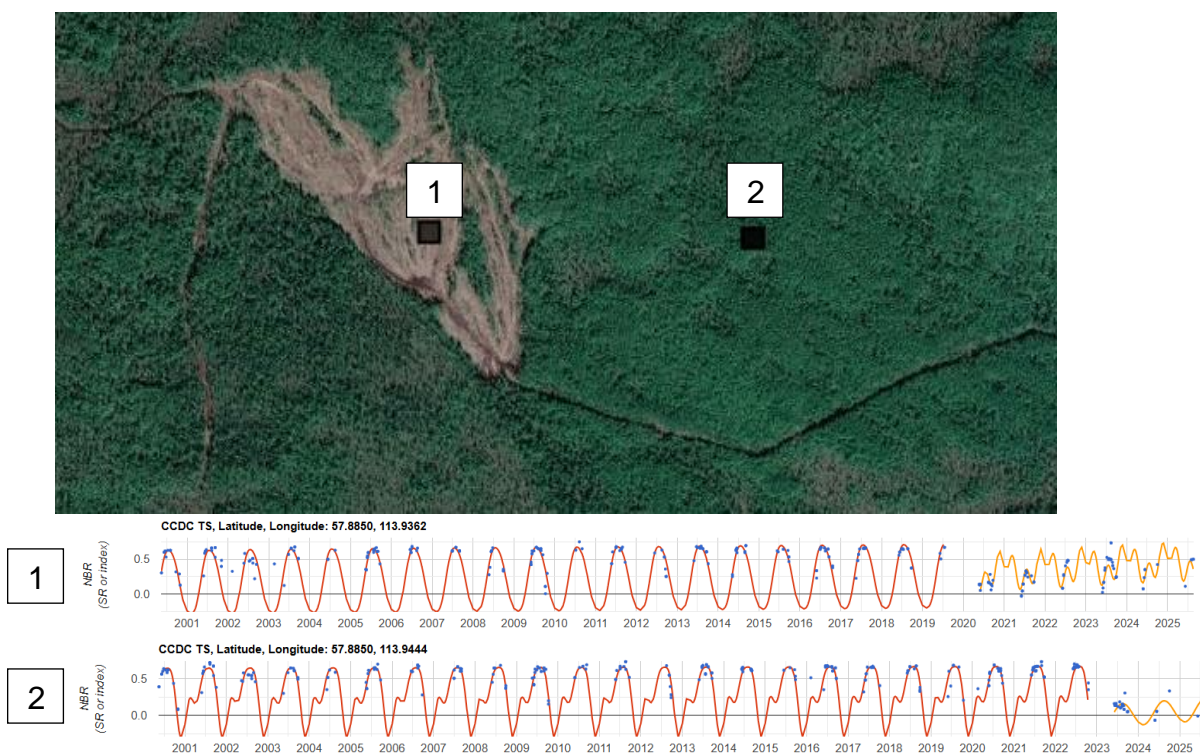


Рис. 8. Определение сезона рубок с помощью алгоритма CCDC для участка «1» рубка произошла зимой 2020 г., для участка «2» – зимой 2023 г. Расположение участков позволяло в зимний период осуществить вывоз хлыстов по зимнику

Развитие ФГИС ЛК требует значительных затрат времени и сил. Но выявление незаконных рубок необходимо проводить уже сейчас. Поэтому возможно использование облачной платформы GEE и алгоритмов анализа временных рядов снимков Landsat LandTrendr и CCDC. Данные алгоритмы позволяют подбирать параметры обработки для выявления интересующих явлений в заданных районах, строить предварительные карты, уточнять даты произошедших изменений. В дальнейшем возможно получение рассчитанных результатов в виде растров и обработка в сторонних программах.

Использование облачных вычислений для обработки космоснимков значительно ускоряет процессы подготовки материалов для дальнейшей работы по выявлению незаконных рубок.

Список использованной литературы

1. Единая цифровая платформа ГосТех. — URL: <https://platform.gov.ru/> (дата обращения: 18.11.2025).
2. Носков В.А. Подходы к цифровой трансформации лесного хозяйства России с учетом зарубежного опыта / В.А. Носков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. — 2024. — № 4. — С. 237–260.
3. Bright B.C. Landsat time series and lidar as predictors of live and dead basal area across five bark beetle-affected forests / B.C. Bright et al. // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. — 2014. — Т. 7, №. 8. — С. 3440–3452.
4. Hansen M.C. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change / M.C. Hansen et al. // Science. — 2013. — Т. 342, № 6160. — С. 850–853.
5. Hu Y. Detecting forest disturbance and recovery in Primorsky Krai, Russia, using annual Landsat time series and multi-source land cover products / Y. Hu, Y. Hu // Remote Sensing. — 2020. — Т. 12, № 1. — С. 129.
6. Santoso H.B. Land Management Dynamics in Social Forestry Permit Using LandTrendr Algorithm: A Case Study in Tuar Tana Community Forest, East Nusa Tenggara Province, Indonesia / H.B. Santoso, W. Wardhana, R. Sadono // Forest Science and Technology. — 2025. — С. 1–14.
7. Zhu Z. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data / Z. Zhu, C.E. Woodcock // Remote sensing of Environment. — 2014. — Т. 144. — С. 152–171.

Информация об авторе

Болданова Елена Владимировна — кандидат экономических наук, доцент кафедры отраслевой экономики и управления природными ресурсами, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, BoldanovaEV@bgu.ru.

Author

Boldanova Elena Vladimirovna — Ph.D. in Economics, Associate Professor at the Department of Industry Economics and Natural Resource Management, Baikal State University, Irkutsk, BoldanovaEV@bgu.ru.