Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Факультет географии и геоинформационных технологий

Москва, 2026

Алгоритм выявления мелкомасштабных и линейных нарушений лесного покрова по данным Harmonized Landsat-Sentinel-2

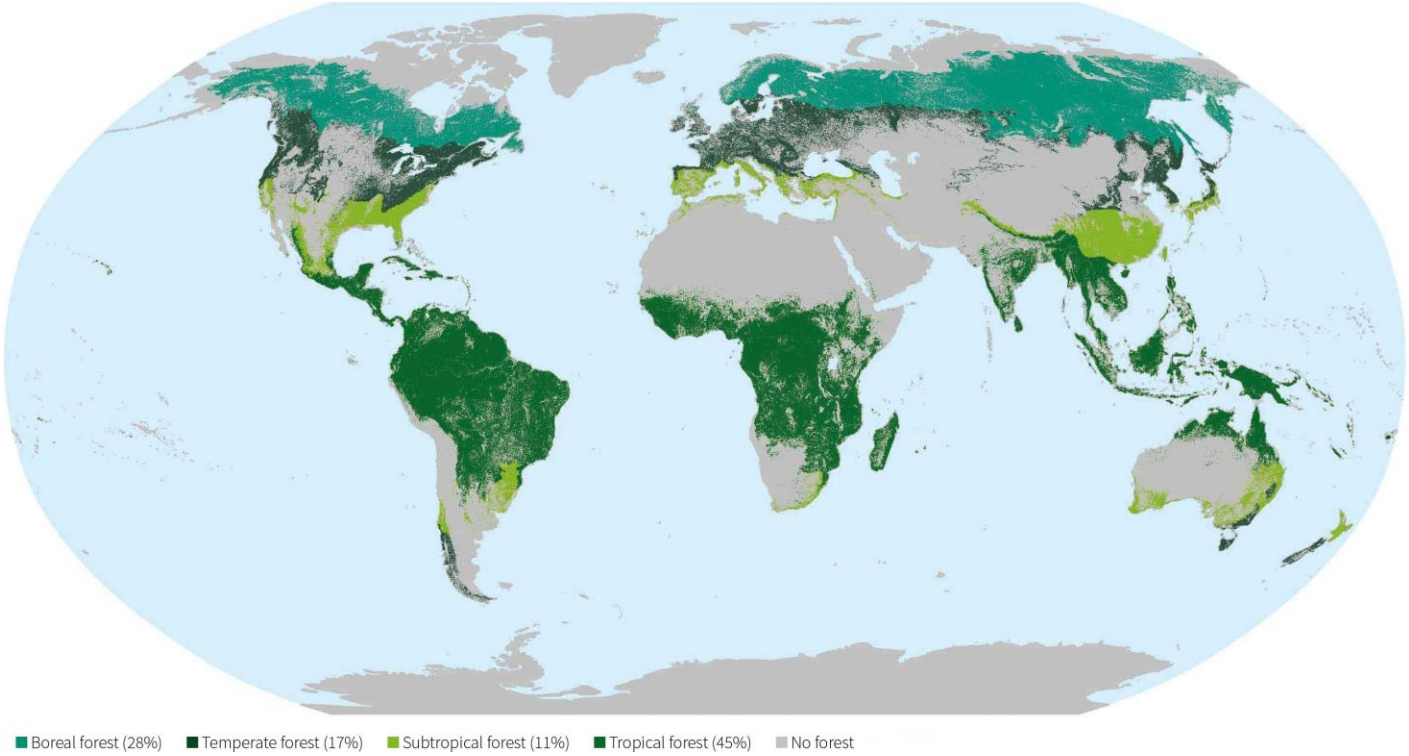
Подготовил: Давыдов Михаил Игоревич
студент 3 курса специализации
"Геоиформационные технологии и
пространственное моделирование“ НИУ ВШЭ

Актуальность исследования

Бореальные леса формируют ключевой компонент экологического каркаса планеты, что определяет высокую актуальность их мониторинга.

В условиях растущих климатических нагрузок и антропогенного влияния традиционные наземные методы наблюдения не обеспечивают необходимого охвата и оперативности.

Дистанционное зондирование Земли представляет собой эффективную технологию для масштабной и дистанционной оценки состояния лесов.



Global Forest Resources Assessment 2025

Цели и задачи исследования

Цель:

Реализация и тестирование порогового алгоритма выявления потерь лесного покрова на примере Устьянского района Архангельской области.

Задачи:

1) Реализовать пороговый алгоритм выявления вырубок по красному каналу в Google Earth Engine (GEE)
2) Посмотреть, как алгоритм выявляет разные типы рубок
3) Проанализировать причины ошибок и возможности по улучшению алгоритма
4) Сравнить результаты работы алгоритма с эталонными данными Global Forest Change (GFC)

Описание используемых данных ДЗЗ

Hansen Global Forest Change v1.12

Спутники: Landsat 5, 7, 8 и 9

Разрешение 30 м

Период с 2000 по 2025 гг.

Готовый эталонный продукт по лесному покрову

В нём представлены данные о сомкнутости древесного полога (на 2000 г.), приросте (2000-2012 гг.) и потере лесного покрова (2000-2025 гг.)

Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS)

Спутники: Landsat 8 и 9 + серия спутников Sentinel-2

Разрешение 30 м

Период с 2012 г. по настоящее время

Снимки, использованные для авторского алгоритма

Периодичность наблюдений 2-3 дня

Устьянский район

- Устьянский район расположен на юге Архангельской области в зоне средней тайги, которая относится к типичным представителем бореальных лесов. Согласно GFC, около 89% площади района покрыто лесом.
- Характерной практикой лесозаготовок для Европейского Севера России являются промышленные и большие по площади «шахматные» рубки. В отличие от этого в Устьянском районе преобладают небольшие промышленные вырубки, тяготеющие к лесовозным дорогам и лесопунктам.
- На данный момент лесозаготовки на территории района ведутся в основном группой компаний «УЛК». Заготовка ведётся малыми бригадами из двух единиц техники. Такие бригады осваивают небольшие лесосеки, что дополнительно усиливает фрагментированный характер рубок, их привязку к сети лесных дорог и уменьшает их площадь.



Алгоритм выявления вырубок за период с 2020 по 2025

1. Подбор безоблачных снимков из коллекции HLS за вегетационный период (чаще всего использовались снимки за июль-август) для каждого года и подготовка по ним медианных композитов по годам.
2. Создание растра попиксельного вычитания красного канала между соседними годами.
3. Классификация растра разности для выделения вырубок по визуально выбранному порогу (например, вырубка выделялась при $0.2 < \Delta Red < 0.7$ для 2020-2021 гг.)
4. Соединение растров выявленных потерь леса и присвоение кода от 21 до 25 для каждого года вырубок. При повторном срабатывании в течение двух последовательных интервалов пикселю присваивался более ранний год, а пиксели, отмеченные в трёх и более интервалах, исключались как ненадёжные.
5. Наложение маски леса Global Forest Change (сомкнутость крон > 25%) для того чтобы исключить территории, заведомо не покрытые лесом.

Почему именно красный канал

- Здоровая растительность сильно поглощает волны в спектре, соответствующем красному каналу (0,64-0,67 мкм). В связи с этим у растительности низкая отражательная способность в красном канале
- Поверхность после вырубки интенсивно отражает красный свет из-за потери ранее поглощавших его деревьев. Следовательно, в красном канале на её месте происходит резкое увеличение значений

Формула для вычисления растра разности:

$\triangle Red = Red\ (более\ новый\ год) - Red\ (более\ старый\ год)$

Растр разности по красному каналу



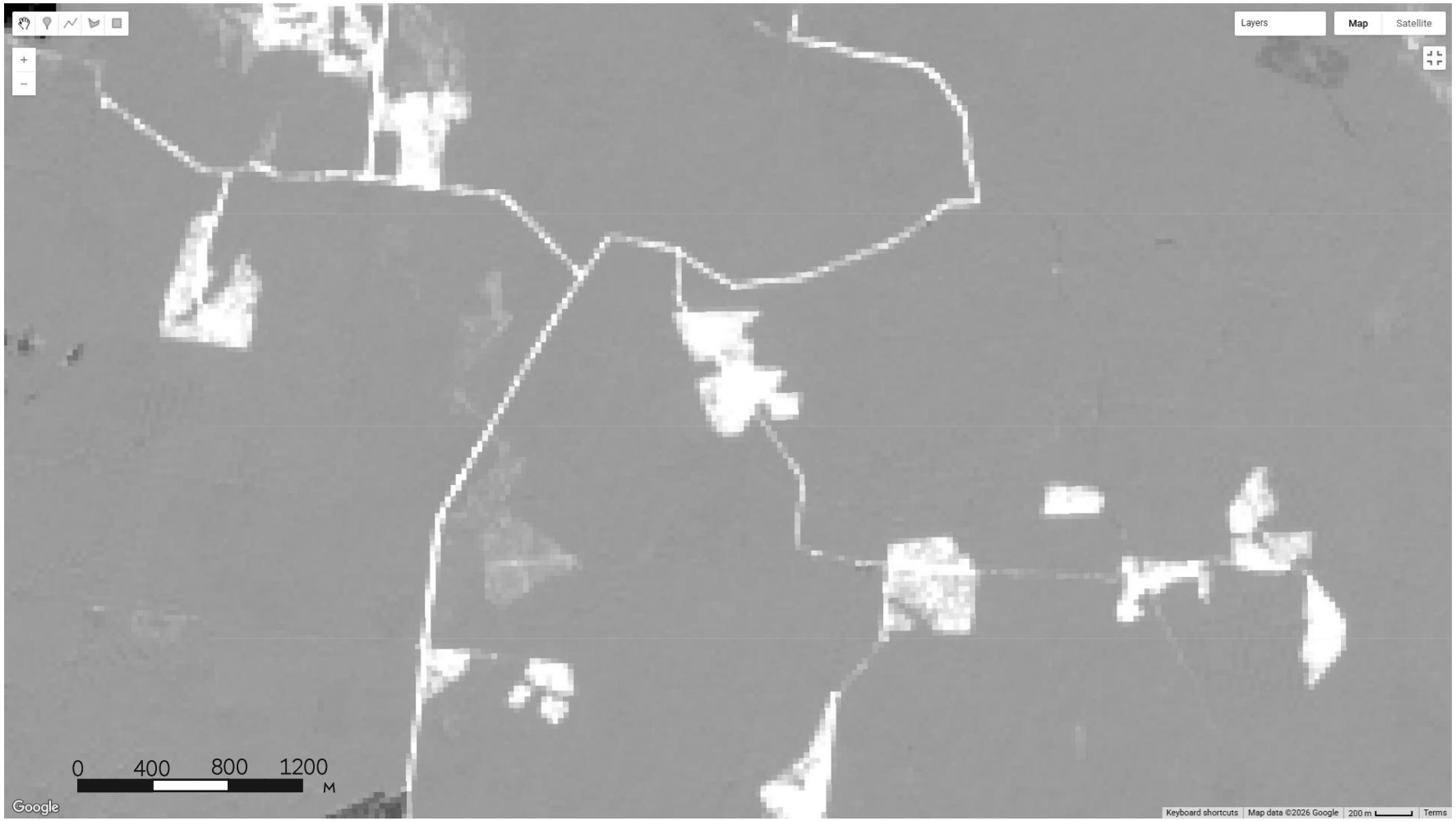
Композит снимков HLS за 2020 г. Красный канал.

Растр разности по красному каналу



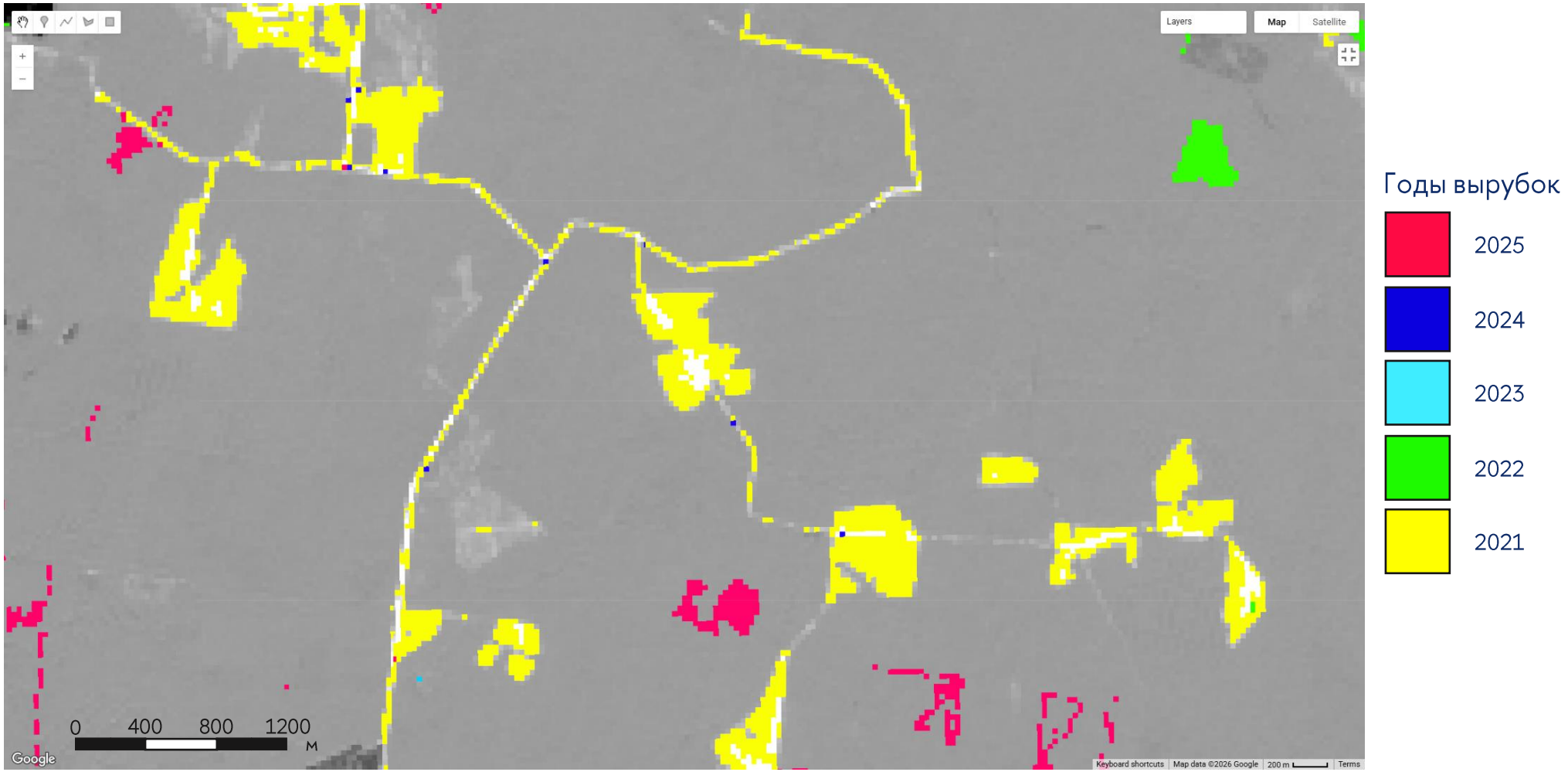
Композит снимков HLS за 2021 г. Красный канал.

Растр разности по красному каналу

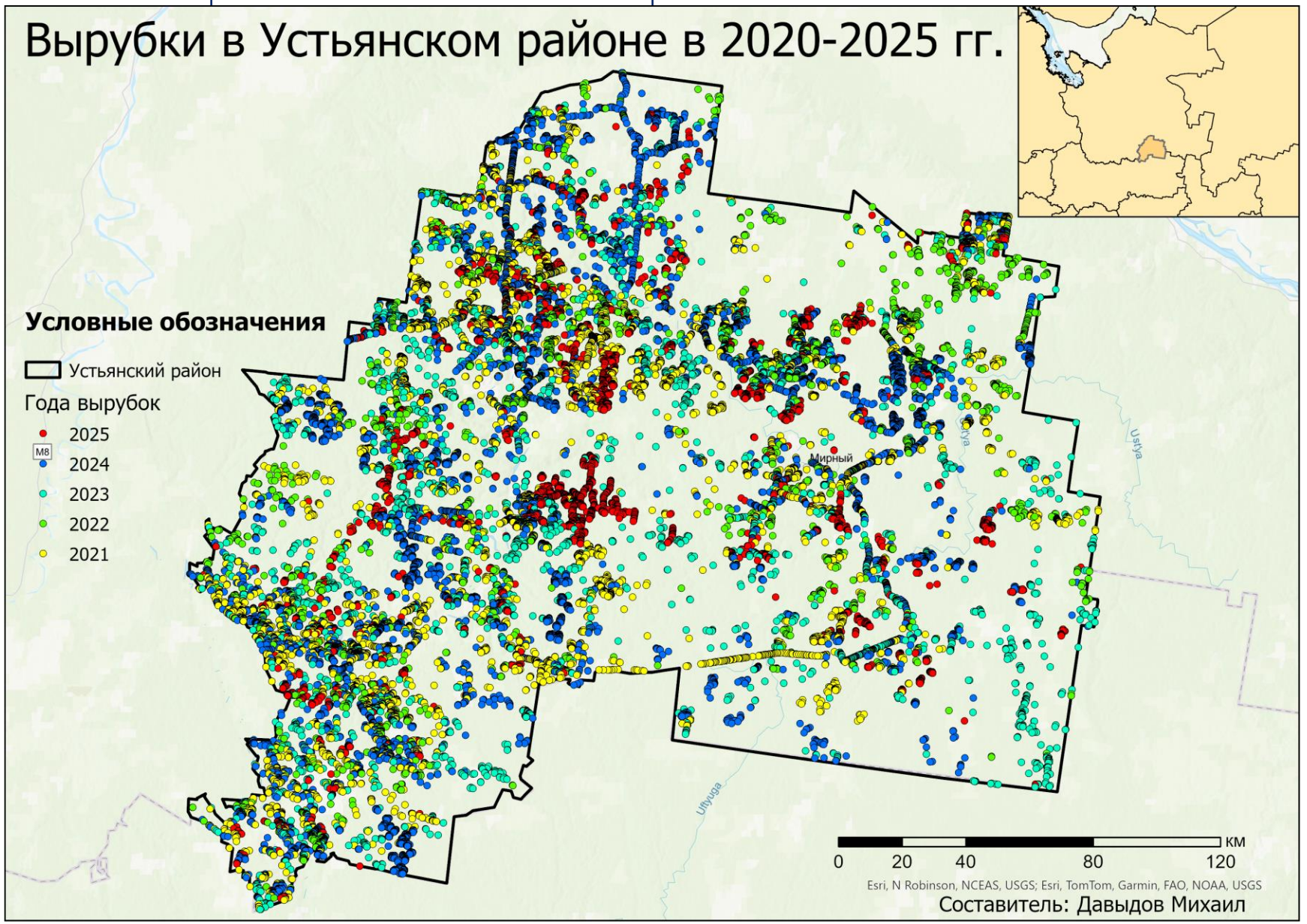


Разность между красными каналами 2020 и 2021 гг.

Пороговая классификация растра разности



Выявленные вырубки в 2021 г. (жёлтым цветом)

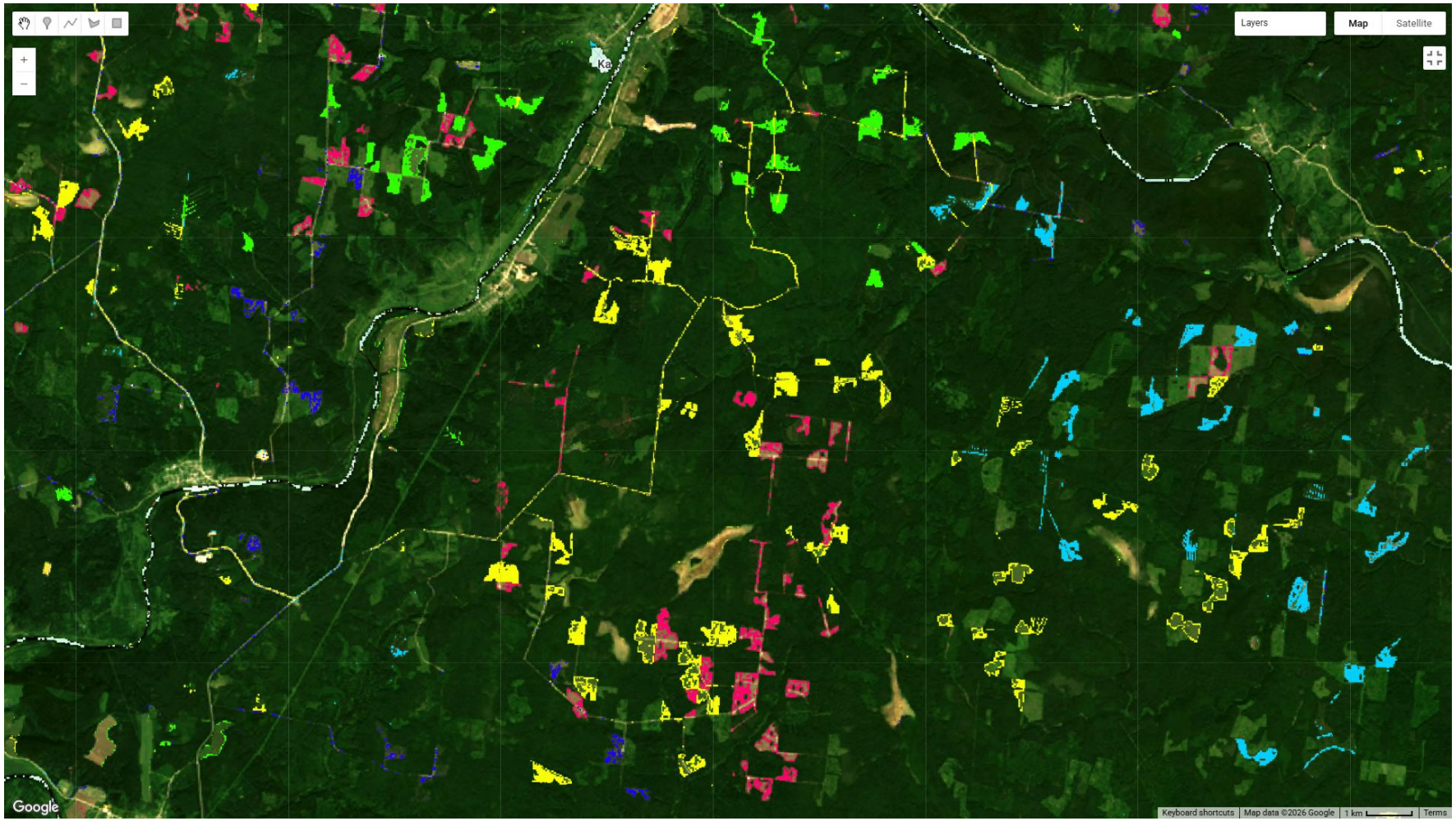

Вырубки в Устьянском районе в 2020-2025 гг.
Условные обозначения
Устьянский район
Года вырубок
2025
2024
2023
2022
2021
Мирный
Ustya
Ukuga
км
0
20
40
80
120
Esri, N Robinson, NCEAS, USGS; Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS
Составитель: Давыдов Михаил

Сравнение результатов алгоритма с эталонным продуктом Global Forest Change

Год	Площадь вырубок GFC, км^2	Площадь вырубок по HLS, км^2	Разница GFC с HLS, %
2021	95.1	85.8	9.8
2022	100	83	17
2023	83.6	74.5	10.9
2024	82.1	32.6	60.3
2025	46	41	10.9

Суммарная площадь потерь лесного покрова за период с 2020 по 2025 гг., выявленных алгоритмом, составляет **317** км^2, а по данным GFC **407** км^2.

Вырубки, приуроченные к лесовозным дорогам



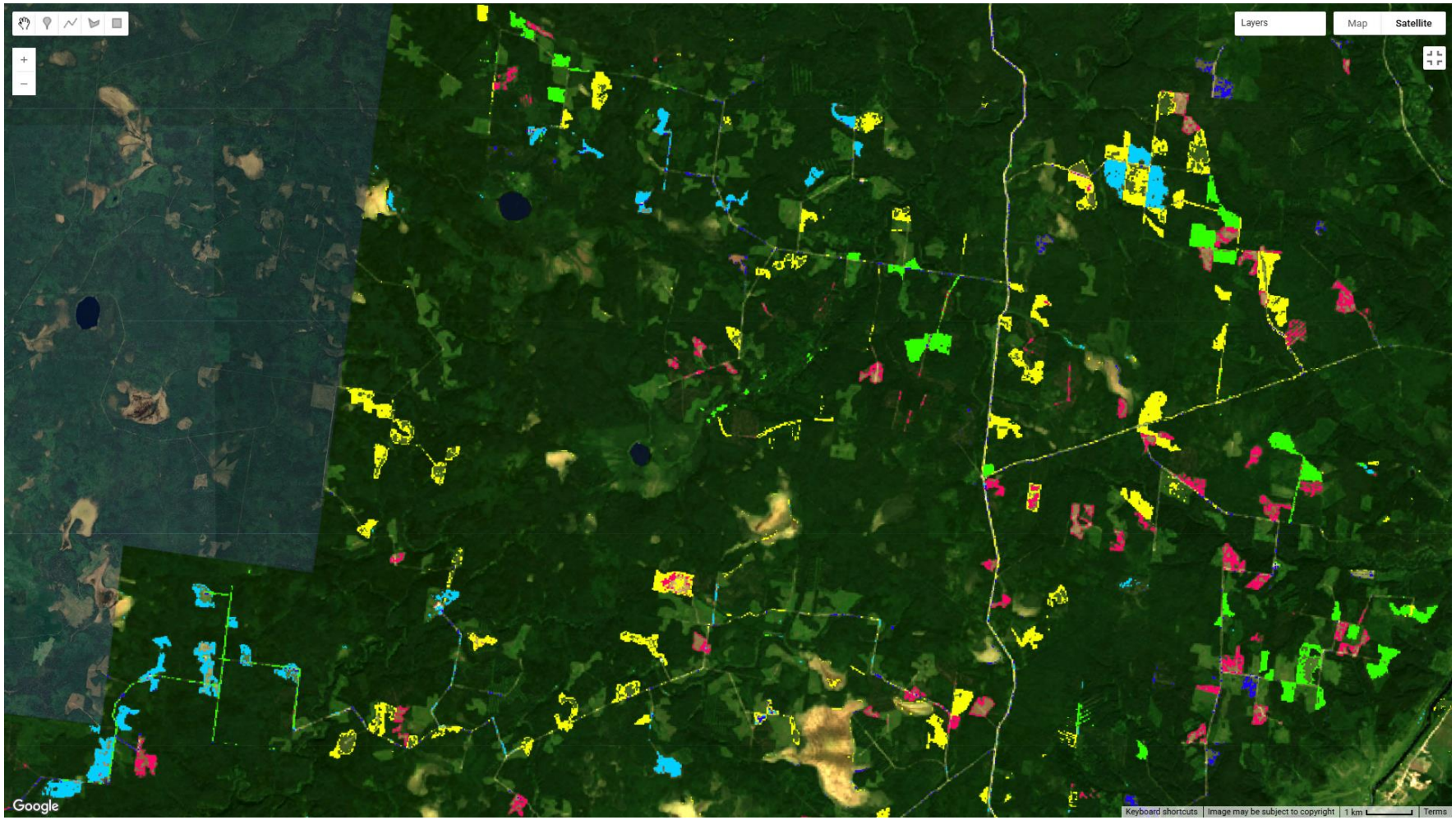
Годы вырубок

- 2025
- 2024
- 2023
- 2022
- 2021

0 2 4 6 км

Вырубки имеют небольшую площадь и рассредоточены по всей территории района.

Вырубки, приуроченные к лесовозным дорогам



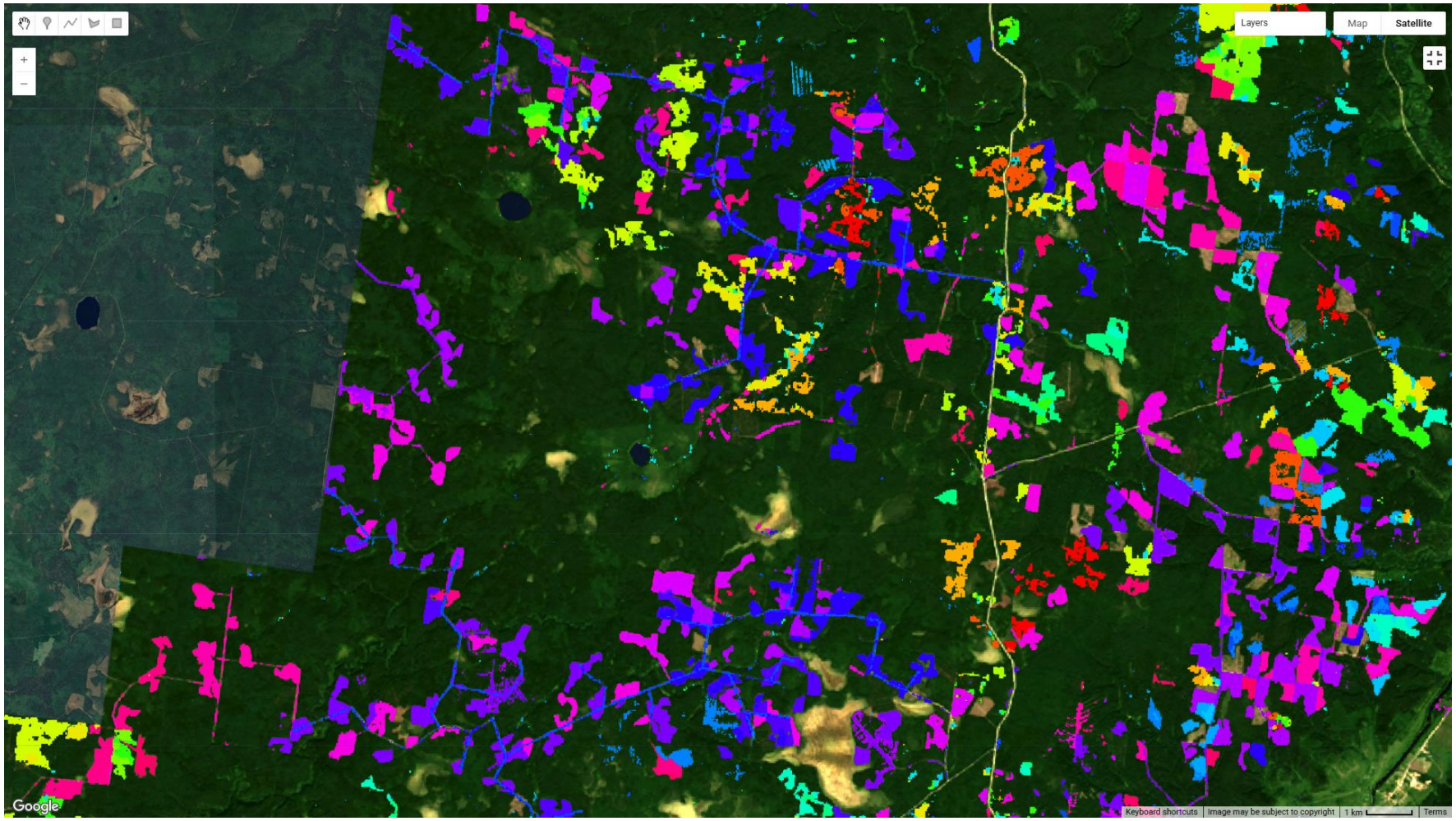
Годы вырубок

- 2025
- 2024
- 2023
- 2022
- 2021

0 2 4 6 км

Вырубки, выявленные алгоритмом и приуроченные к лесовозным дорогам в северо-западной части района.

Вырубки, приуроченные к лесовозным дорогам



Годы вырубок

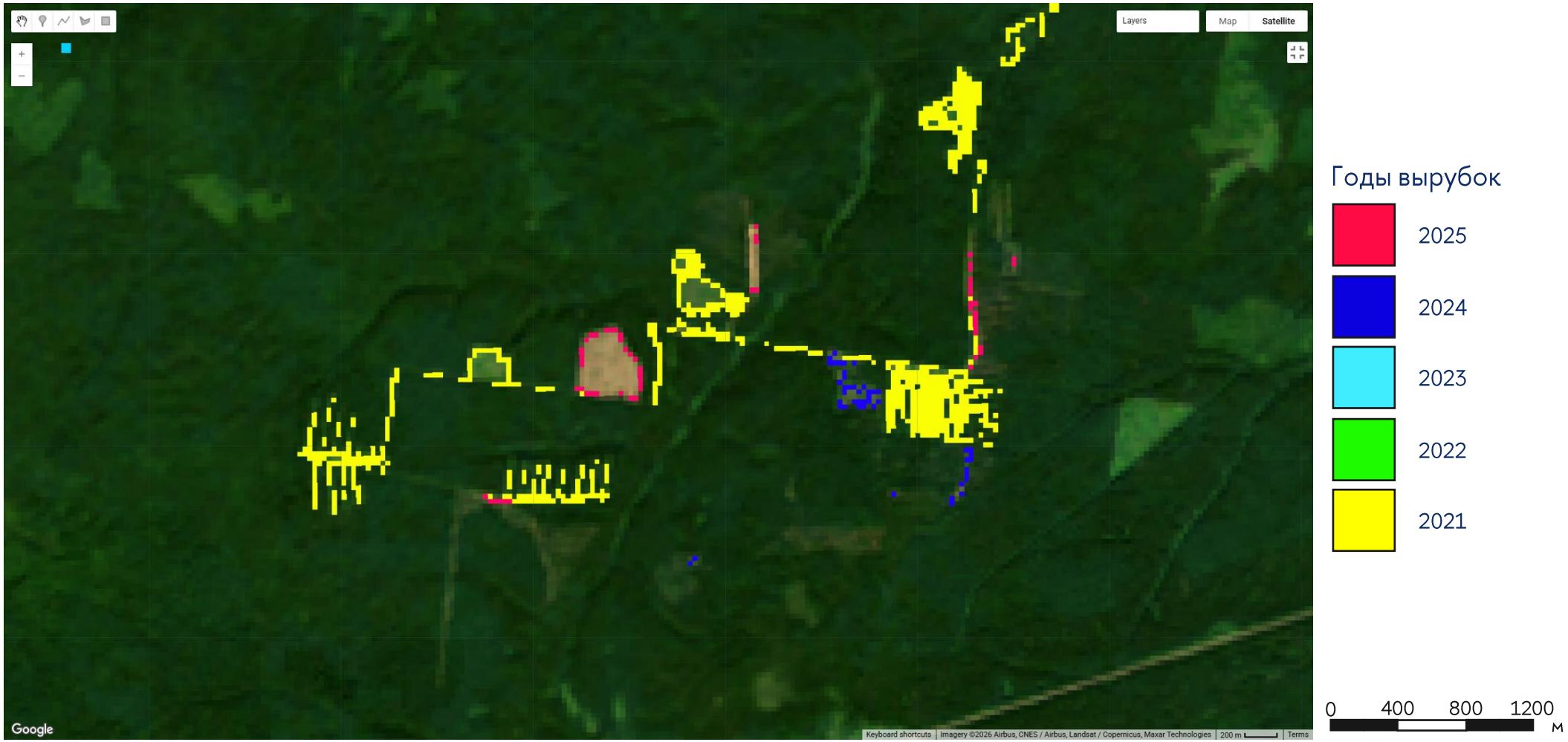
2025

2001

0 2 4 6 км

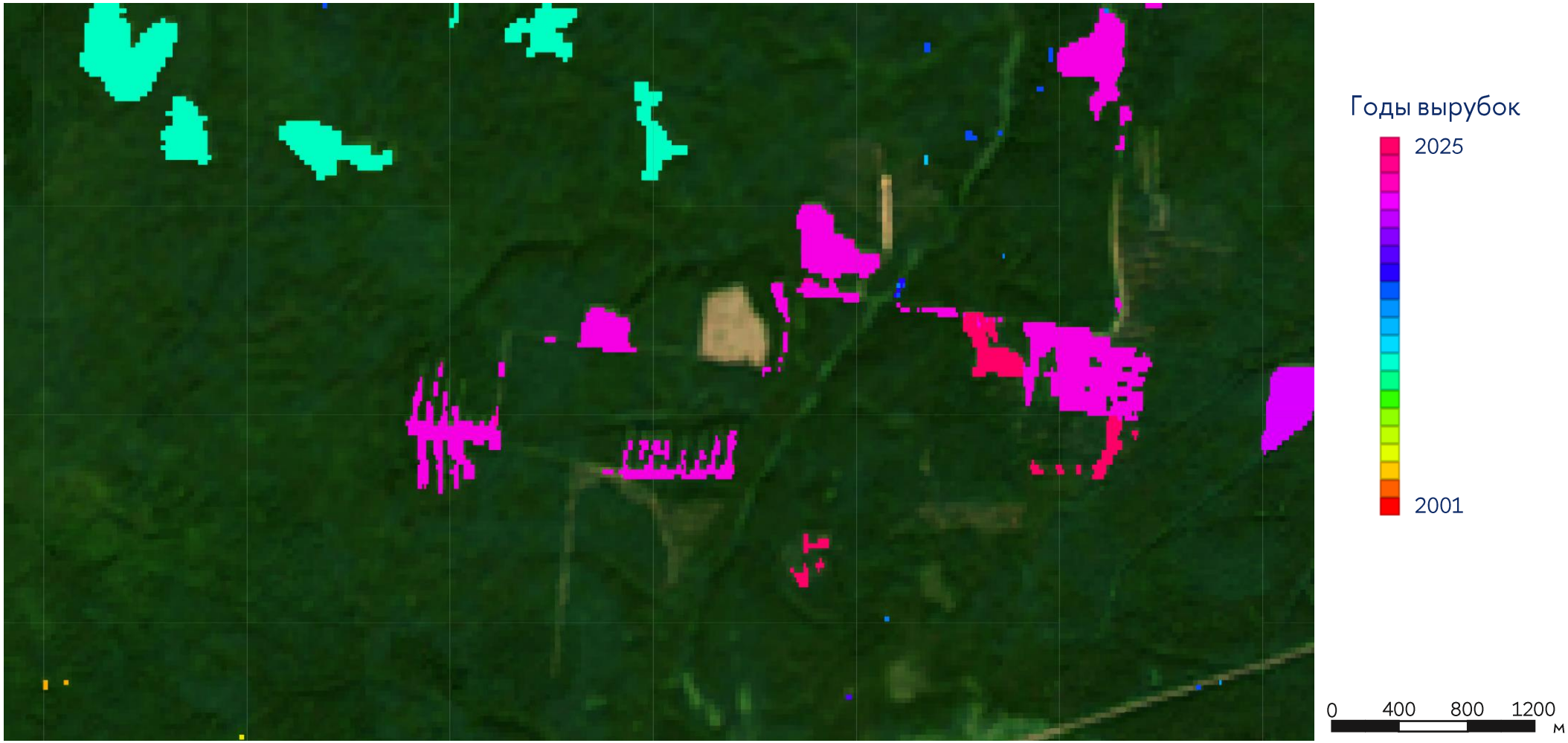
Выявленные GFC вырубки вдоль лесовозных дорог в северо-западной части района.

Промышленные выборочные вырубки линейной формы



Алгоритм выделяет небольшие промышленные выборочные вырубки, которые имеют линейную форму.

Промышленные выборочные вырубки линейной формы



GFC также выделяет небольшие промышленные выборочные вырубки, которые имеют линейную форму.

Результаты и выводы

- Разработан и реализован в GEE алгоритм детектирования вырубок на основе разности по красному каналу по гармонизированной серии HLS.
- Разработанный алгоритм позволяет выделять вырубки, в частности, небольшие выборочные и линейные вырубки.
- Сравнение с эталонным продуктом GFC показало относительно приемлемую согласованность в 2021-2023 гг. (расхождение 10-17%).


ВЫСШАЯ • ШКОЛА • ЭКОНОМИКИ •