




Определение состояния древостоев методами дистанционного зондирования.

Даниленко Ольга Константиновна, Рунова Елена Михайловна, Гарус Иван Александрович
(Братский государственный университет)



Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ) совместно с использованием геоинформационных систем (ГИС) позволяют обрабатывать космические снимки исследуемых участков лесных массивов с достаточно высокой точностью при условии проверки полученных результатов наземными исследованиями.

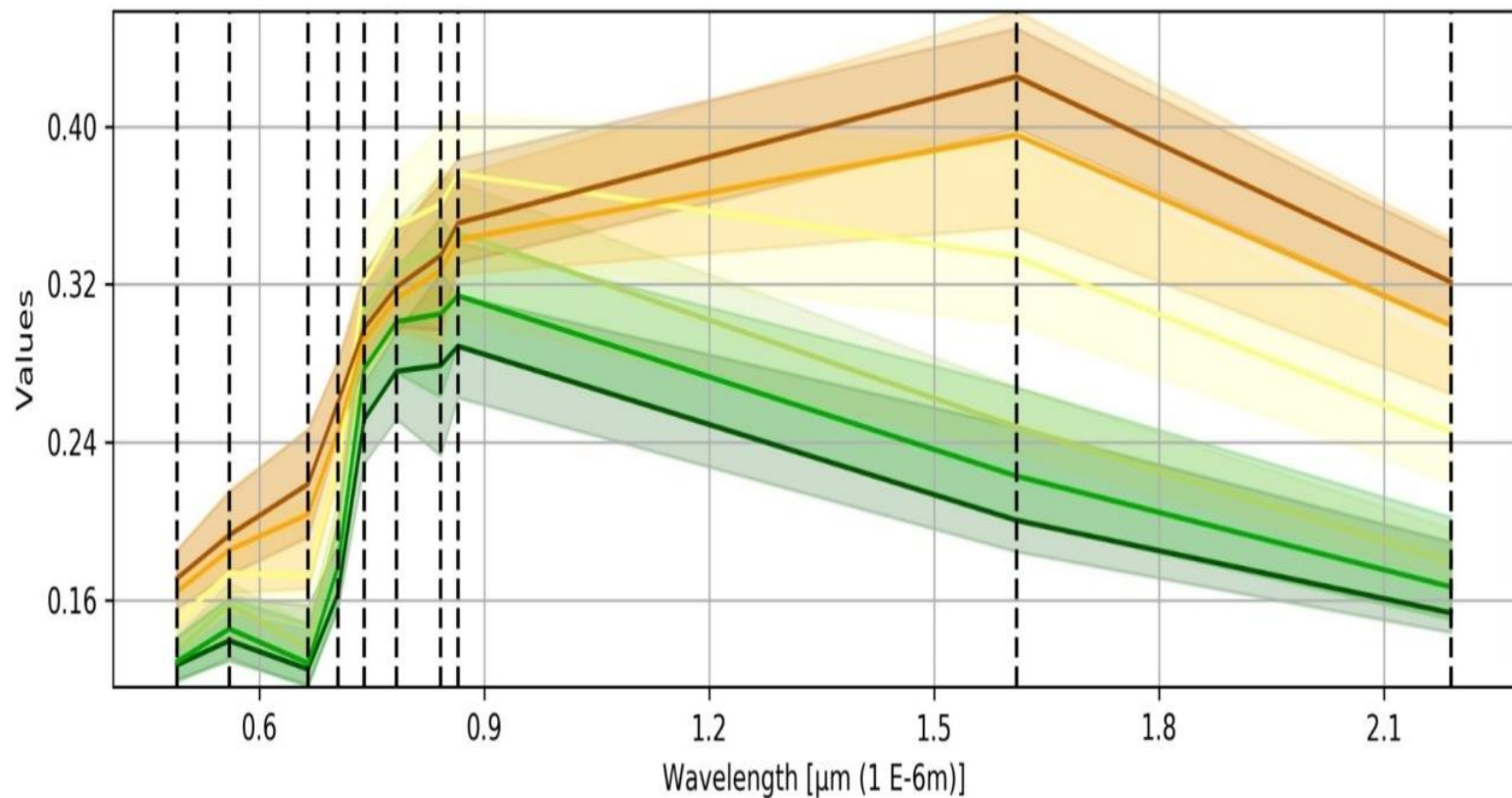
Цель работы: исследование категорий земель на исследуемом участке, а также породного состава по преобладающим породам и типам растительности (хвойные леса, смешанные, лиственные) для водоохраных лесов в верховьях реки Тарей Братского района Иркутской области с использованием технологий дистанционного зондирования. Исследуемый участок находится в пределах кварталов: 85ч, 86ч, 102ч-104ч, 115ч, 116ч. Падунского лесничества Озерного участкового лесничества Омской дачи

- Архивы спутниковых данных, накопленные за длительные промежутки времени, позволяют оценивать восстановительную динамику растительного покрова лесных гарей. Анализ лесных участков производился по летним, осенним и зимним космоснимкам 2020-2022гг. Landsat 8 OLI (ETM+) и Sentinel 2 (MSI S2A), в том числе с использованием инструмента автоматизированной классификации с предварительным обучением по предзагруженным сигнатурам с применением модуля Semi-Automatic Classification Plugin для QGIS версии 3.26

- Спутник **LANDSAT-8** с сенсорами OLI (Operational Land Imager) и TIRS (Thermal Infrared Sensor) имеет 11 каналов, из них 8 с разрешением 30 м/пикс в видимом, ближнем ИК (каналы 1-5 и 9), и среднем ИК (номера каналов 6, 7), 2 канала (10, 11) с разрешением 100 м/пикс в тепловом диапазоне, а также панхроматический канал (8) с разрешением 15 м/пикс., канал 1 находится в ультрафиолетовой части спектра.
- Спутники **SENTINEL-2** (A/B) с сенсором MSI (Multispectral Instrument) имеют по 13 каналов, из них 4 с разрешением 10 м/пикс в видимом и ближнем ИК (номера каналов 2-4, 8), 6 (номера 5-7, 8а, 11, 12) с разрешением 20 м/пикс в ближнем и среднем ИК диапазонах и еще 3 канала (1, 9, 10) с разрешением 60 м/пикс. Панхроматический канал отсутствует. Наибольший практический интерес представляют каналы R, G, B, NIR с разрешением 10 м/пикс, обеспечивающие сразу, без преобразований типа *pan-sharpening*, разрешение более высокое, чем дают снимки LANDSAT.

- Для анализа и проведения классификации территории в верховьях р. Тарея, использовались снимки высокого разрешения, представленные в открытом доступе, с разрешением 10-30 м. По результатам обработки и подбора комбинации каналов был создан набор сигнатур по основным рассматриваемым классам для анализа состава и структуры природных объектов.
- Классификация объектов на снимках проведена по 5-ти классам: 1 – темнохвойные леса, 2 – светлохвойные леса, 3 – лиственные леса, 4 – открытые участки (гари, вырубki, поля, луга и т.д.), 5 – водные объекты. Определение класса природного объекта производилось с учетом определенных по снимкам спектральных отражательных коэффициентов.

График сравнительных характеристик спектральных отражательных способностей рассматриваемых объектов

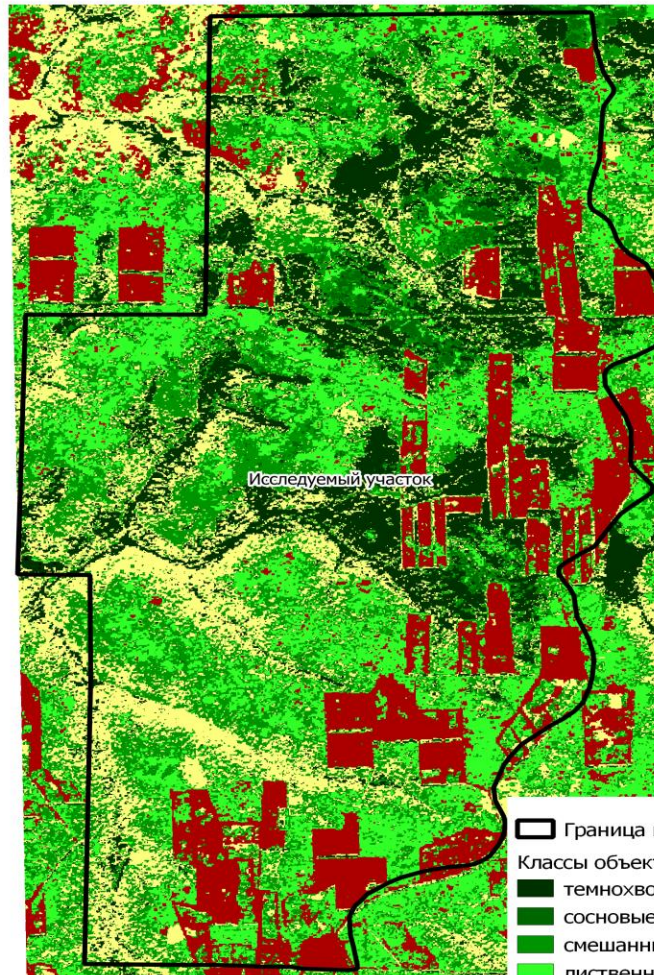


- Хвойные насаждения
- Смешанные насаждения
- Участки, покрытые кустарниковой и травянистой растительностью
- Лиственные насаждения
- Открытый грунт
- Участки разработанных лесосек, зарастающие травянистой и кустарниковой растительностью

- Анализ результатов предварительной классификации показал, что 13,72% территории покрыто темнохвойными насаждениями, 1,61% - сосновыми насаждениями, 26,41% территории под смешанными насаждениями, лиственные насаждения занимают 21,34%, вырубки - 15,65%, остальная часть территории покрыта кустарниковой и травянистой растительностью. Однако результаты классификации являются предварительными, и требуется уточнение результатов полевыми исследованиями и изысканиями.

Результат предварительной классификации
на основе космоснимка Sentinel 2
(комбинация каналов NIR-RED-GREEN)

М 1:100 000



□ Граница исследуемой территории

Классы объектов

■ темновойные насаждения

■ сосновые насаждения

■ смешанные насаждения

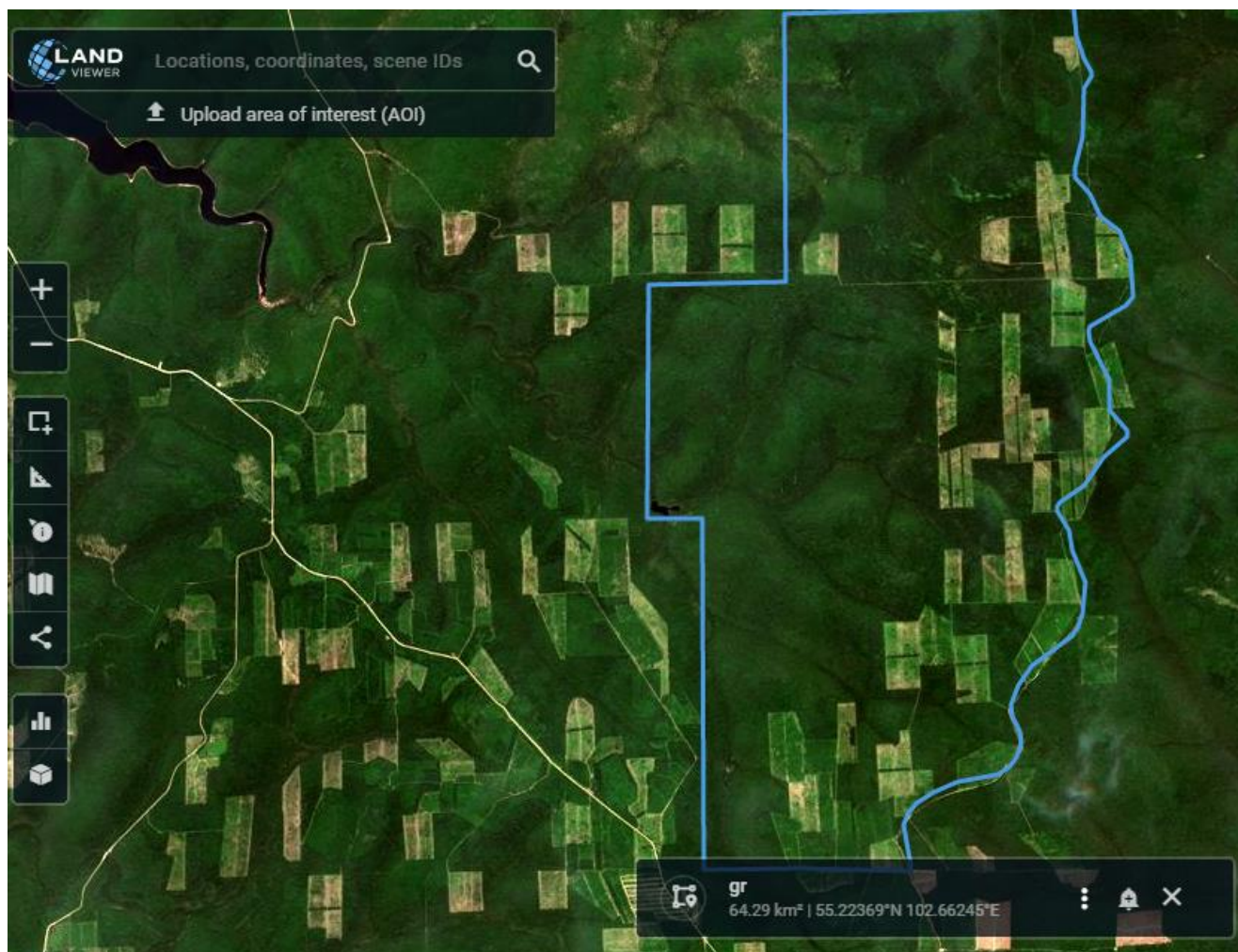
■ лиственные насаждения

■ территории, покрытые травянистой
и кустарниковой растительностью

■ вырубки

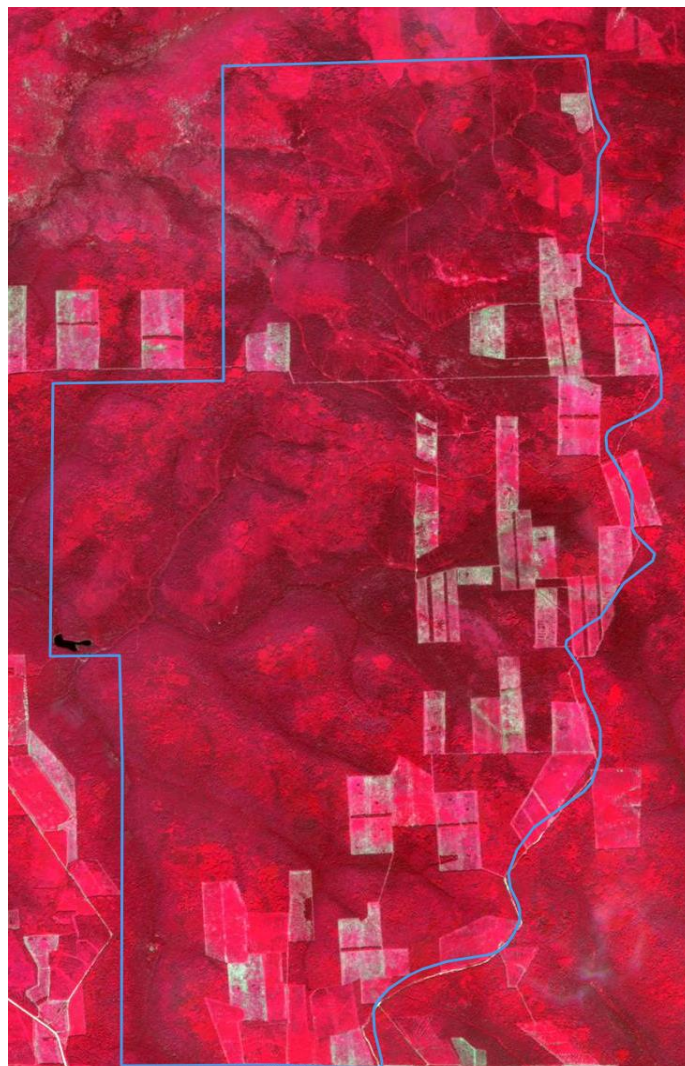
- При синтезе каналов 4-3-2 (Red, Green, Blue) естественные цвета - плохо различаются вырубки и разреженная растительность, в отличие от комбинации 4-5-1 или 4-3-2, здесь трудно отделить один тип растительности от другого. Объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, нездоровая растительность – коричневой и желтой, дороги – серыми

Результат комбинации каналов 4-3-2 (естественные цвета) на снимке Sentinel 2 L2A (дата съемки: 12.06.2022 г.



- Синтез каналов 5-4-3 (NIR, Red, Green) на Landsat 8 или 8-4-3 на снимках Sentinel 2, «искусственные», или «красные» цвета использовался для анализа состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики. Насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую растительность или редколесья/ кустарники. Растительность в этой комбинации имеет оттенки красного, почва – от темно до светло коричневого или серого, лед, снег и облака – белые или светло голубые. Хвойные леса по сравнению с лиственными имеют более темно-красную или даже коричневую окраску. На снимке видна активность травянистой растительности, затягивающей недавние вырубки

Результат синтеза каналов на снимках Sentinel-2 L2A (NIR, Red, Green)



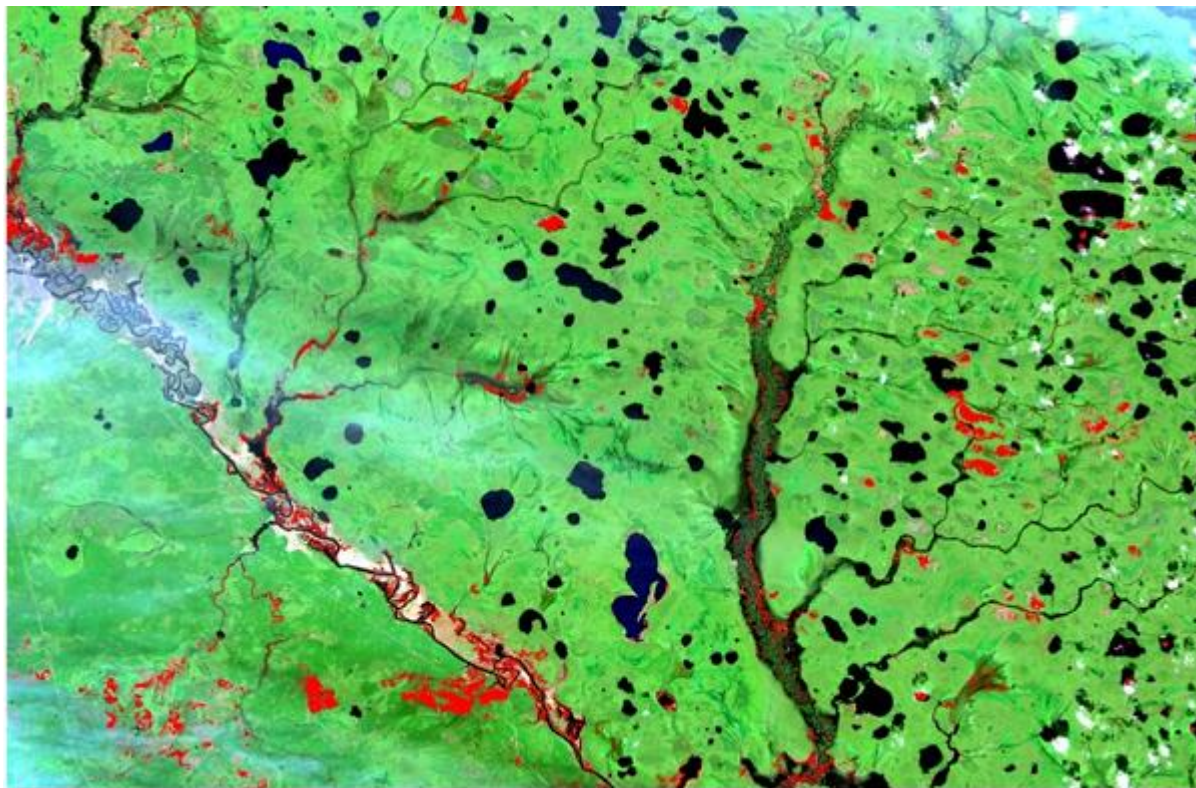
- Синтез каналов 7-5-3 (SWIR, NIR, Green) указывает на территории, пройденные пожарами - территории выглядят ярко красными. Здоровая растительность - ярко зеленая, травянистые сообщества – зеленые, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Сухостойная растительность выглядит оранжевой. На исследуемом участке не обнаруживается следов недавних пожаров или сухостойной растительности.

Результат синтеза каналов (SWIR, NIR, Green) на снимке Landsat 8 OLI (дата съемки: 12.05.2022г)

Результат комбинации каналов
космоснимка Landsat 8 OLI (ETM+)
(SWIR, NIR, Green)
М 1:90 000



Выделенные участки гарей (красный цвет)



- Для автоматизированного обнаружения лесных пожаров по оптическим космическим снимкам используется нормализованный индекс пожаров *NBR*. Для расчета индекса используются космические снимки КА Landsat-8, широко применяемые для решения различных тематических задач. Расчет индекса *NBR* схож с расчетом нормализованного разностного индекса растительности *NDVI*, за исключением того, что вместо красного используется средний инфракрасный канал:
 - $$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$
 - где NIR – спектральный канал 5 для Landsat-8;
 - SWIR – спектральный канал 7 для Landsat-8.

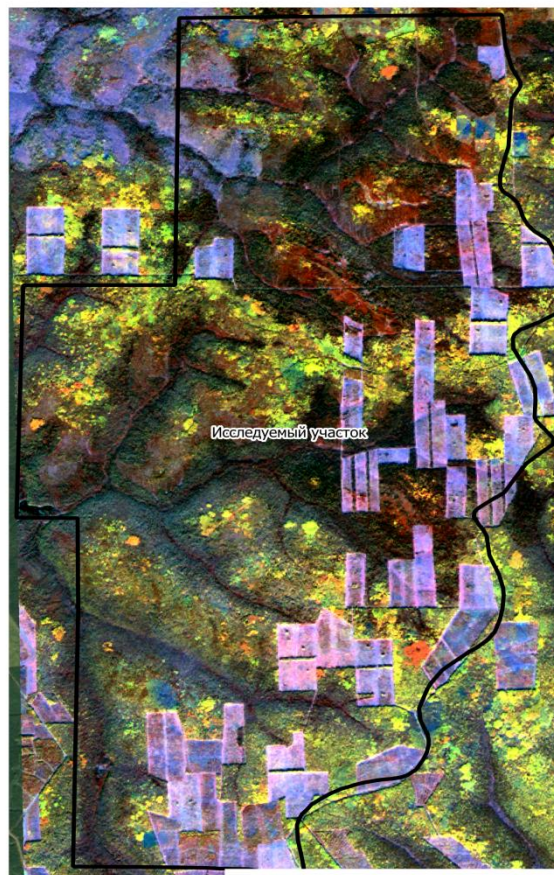
Соответствие степени повреждения огнем растительного покрова значениям dNBR

№	Степень нарушенности после пожара	dNBR	Категории сложности пожара
0	Несгоревшие участки	ниже 0,085	Нет пожара
1	Низкая степень нарушенности	0,085 до – 0,25	Низкий уровень
2	Умеренная степень нарушенности	0,25 до 0,62	Средний уровень
3	Умеренно-низкая нарушенность	больше 0,62	Сильный уровень

- Синтез каналов 5-6-2 (NIR, SWIR, Blue). Добавленный SWIR канал обеспечивает различимость возраста растительности. Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы выглядят зелеными или коричневыми, ярко голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватые – восстановление растительности или разреженную растительность.

Синтез каналов 5-6-2 (NIR, SWIR, Blue) на снимке Sentinel-2 L2A (Дата съемки: 15.09.2020г.).

Результат комбинации каналов NIR, SWIR, Blue
осеннего космоснимка Sentinel-2 L2A
(дата съемки: 15.09.2020г.)
М 1:100 000



□ Граница исследуемой территории

- Синтез каналов 5-6-4 (NIR, SWIR, Red) «красные цвета». Применялся для анализа влажности почв и растительного покрова. В целом, чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона. Растительность отображается в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого.

Результат синтеза каналов 5-6-4 (NIR, SWIR, Red) на снимке Landsat 8 OLI (дата съемки: 12.05.2022г)

Результат комбинации каналов
космоснимка Landsat 8 OLI (ETM+)
(NIR, SWIR, Red)
М 1:90 000



Вегетационный индекс

- В современном лесном хозяйстве часто используются различные формулы и вегетационные индексы для определения качественных показателей условий произрастания насаждения. Индекс вегетационной активности NDVI определяет количество фотосинтетически активной биомассы. Сегодня это один из самых эффективных и популярных индексов, позволяющих быстро и качественно оценить состояние насаждения.
- Индекс NDVI рассчитывается по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

- NIR – отражение в максимально ближней инфракрасной области спектра,
- Red – отражение в красной области.
- По этой формуле можно выявить максимально точную плотность растения в определенной точке изображения по разнице интенсивностей отражения света в инфракрасном и красном диапазоне, которая делится на сумму этих интенсивностей.

- Корреляционный анализа выявил достоверную связь между значениями индексов NBR и NDVI гарей

- 
- **Спасибо за внимание**