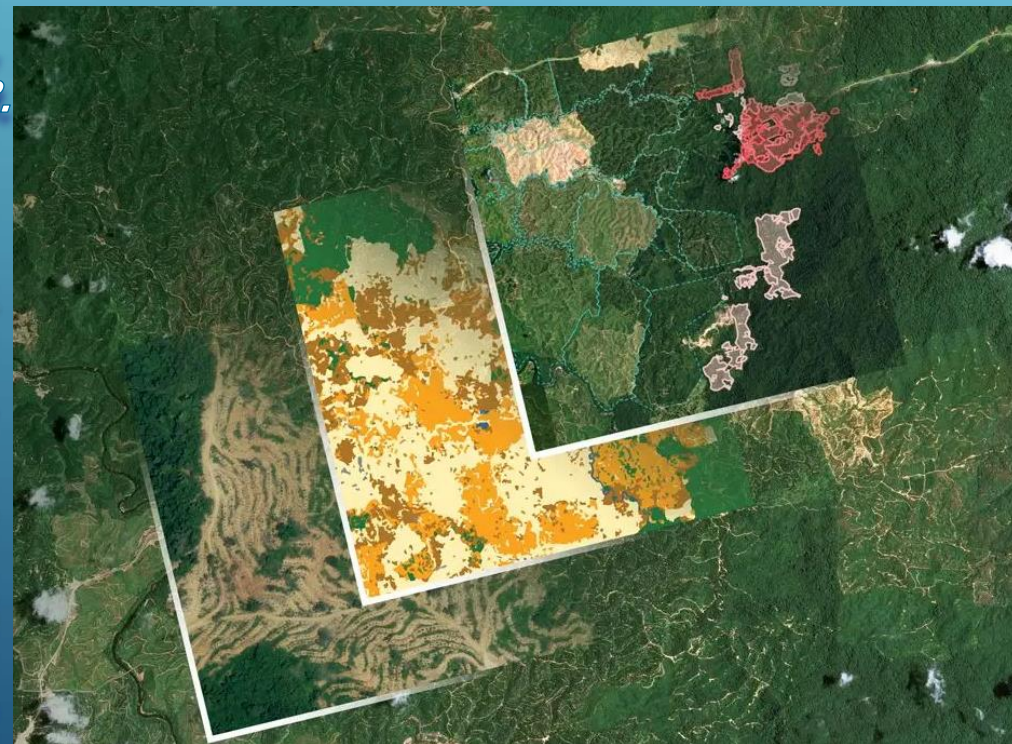




*Катковский Л.В., Красовская О.О.,
Мartiнов А.О., Станчик В.В.*

Поиск усыханий хвойных насаждений по временным последовательностям композитных изображений Sentinel-2



Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных
физических проблем имени А.Н. Севченко Белорусского государственного университета», Минск, Республика Беларусь

ПРОБЛЕМА

Массовое усыхание хвойных лесов по причине изменений климата и распространения вредителей (короед-типограф)



Отсутствие методик раннего обнаружения болезни хвойных деревьев

Самый распространенный метод – визуальная оценка состояния хвои лесниками

Отсутствие унифицированной терминологии классификации состояний хвойных деревьев (выделяют 6, 4, или 3 класса)

Обнаружение стресса хвойных деревьев на поздних стадиях, когда хвоя уже осыпается и инфицированы соседние деревья

Основная проблема своевременного обнаружения зараженных деревьев на ранних стадиях заключается в том, что они выглядят физиологически зелеными и не проявляют симптомов, четко наблюдаемых человеческим глазом.

3 класса:

Здоровый



Стрессовый



Больной





МЕТОДИКА ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

В данной работе предложена методика определения усыханий еловых лесов на основе анализа временной последовательности спутниковых изображений с использованием двух вегетационных индексов (ВИ): NDVI и NDWI, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

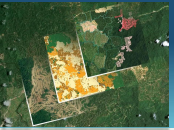
$$\text{NDWI} = \frac{\text{NIR} - \text{SWIR1}}{\text{NIR} + \text{SWIR1}}$$

Индекс NDVI отражает состояние здоровья растительности (количество зеленой массы), в то время как индекс NDWI отражает водный стресс растительности ввиду того, что содержит канал коротковолнового ИК диапазона SWIR1 вблизи 1,6 мкм.

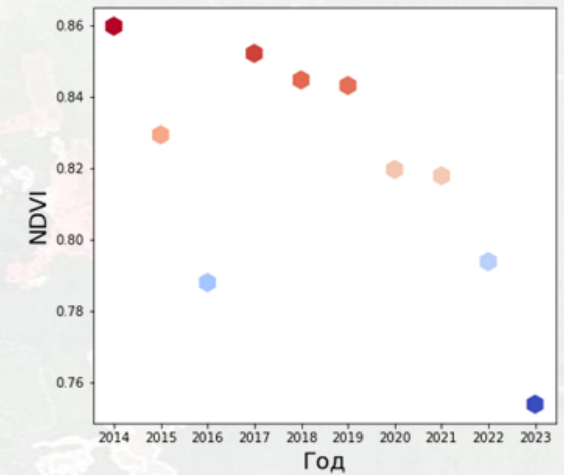
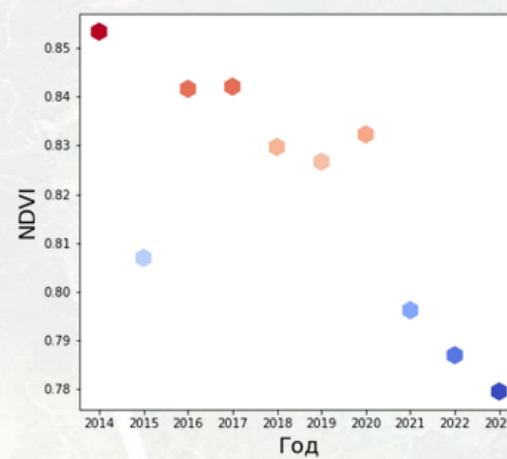
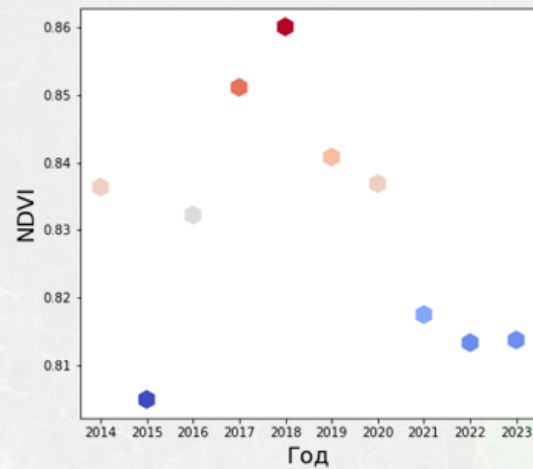
Методика апробирована и подтверждена на основе использования безоблачных композитных изображений (месячные композиты) на территорию Беларуси, полученные съемочной системой MSI спутника Sentinel-2 за пять последовательных лет, в период с мая по сентябрь 2019-2023 годов.

Анализ изображений проводился для пикселей изображений, входящих в созданную векторную маску хвойных лесов.

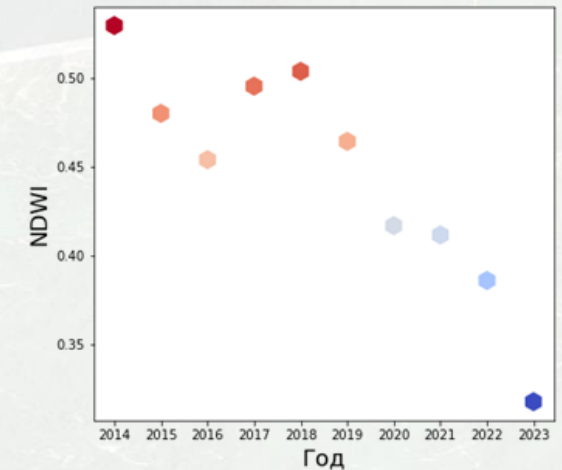
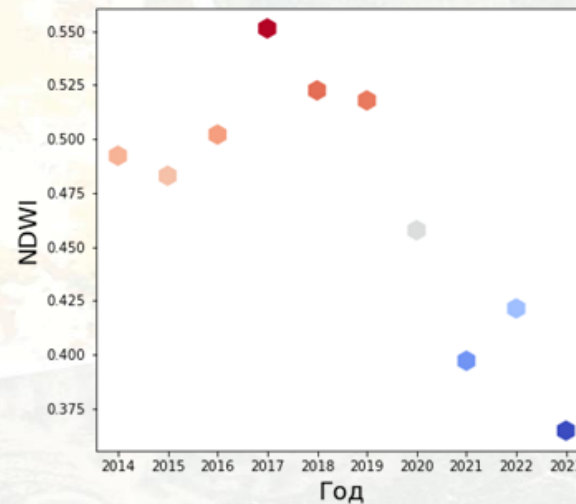
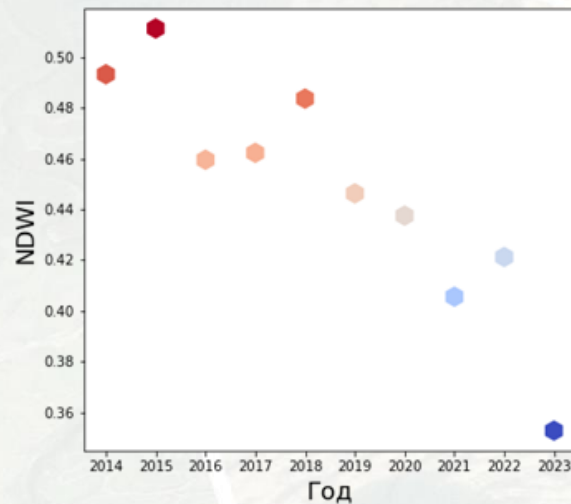
Временные ряды вегетационных индексов, рассчитанных по спутниковым данным, используются для оценки состояния леса и локализации регионов усыханий, а также для определения срока развития усыханий на разных участках леса.



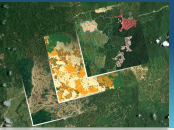
МЕТОДИКА ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ



Ход изменения с 2014 по 2023 год индекса NDVI (по данным со спутника Landsat) для трех пикселей со стрессовой растительностью, показанных специалистом лесопатологом



Ход изменения с 2014 по 2023 год индекса NDWI (по данным со спутника Landsat) для трех пикселей со стрессовой растительностью, показанных специалистом лесопатологом



МЕТОДИКА ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

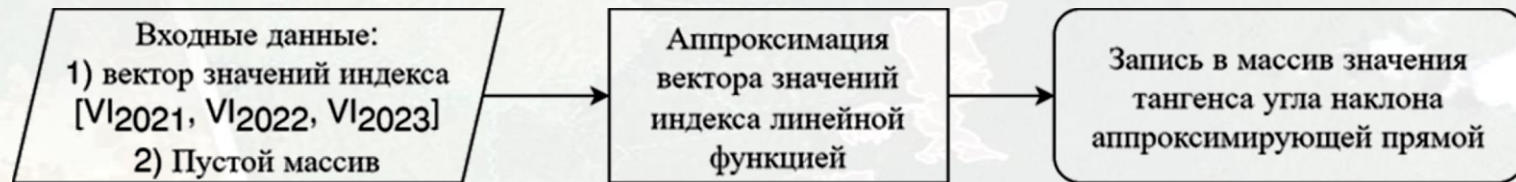
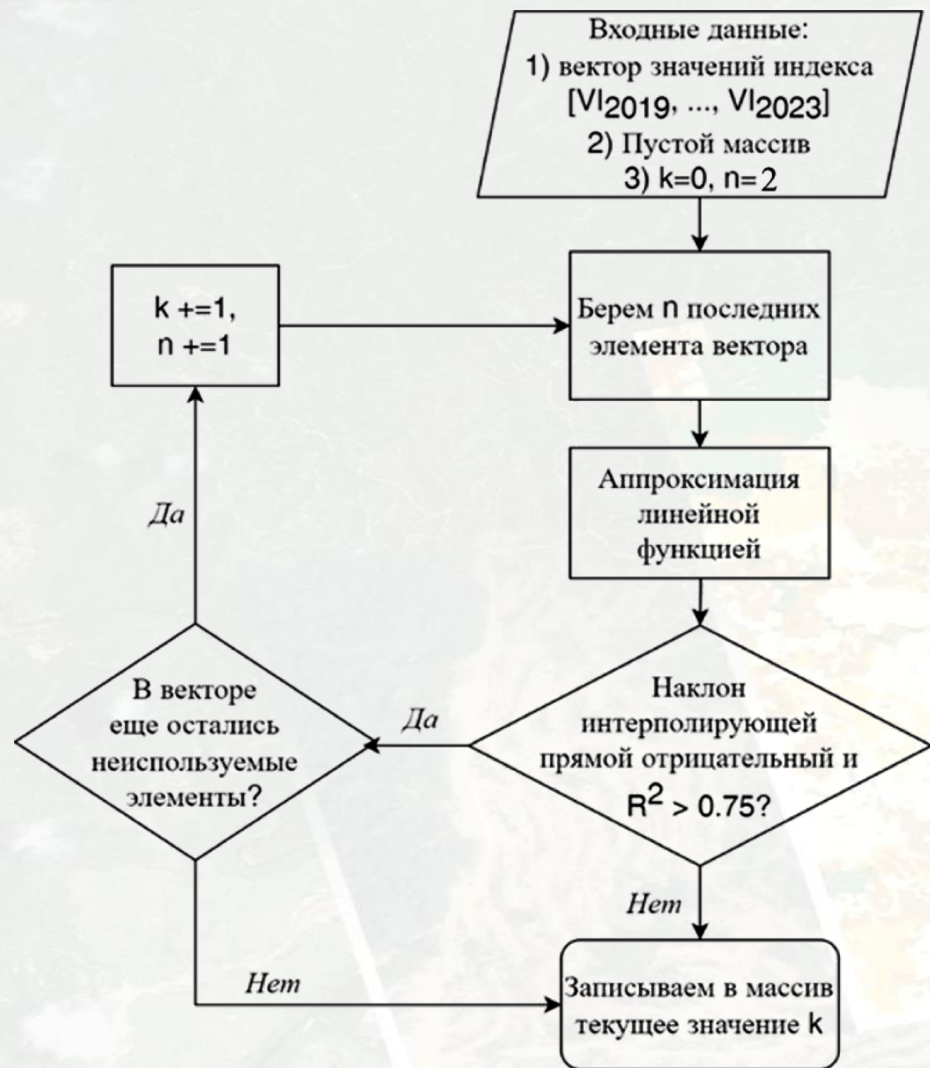
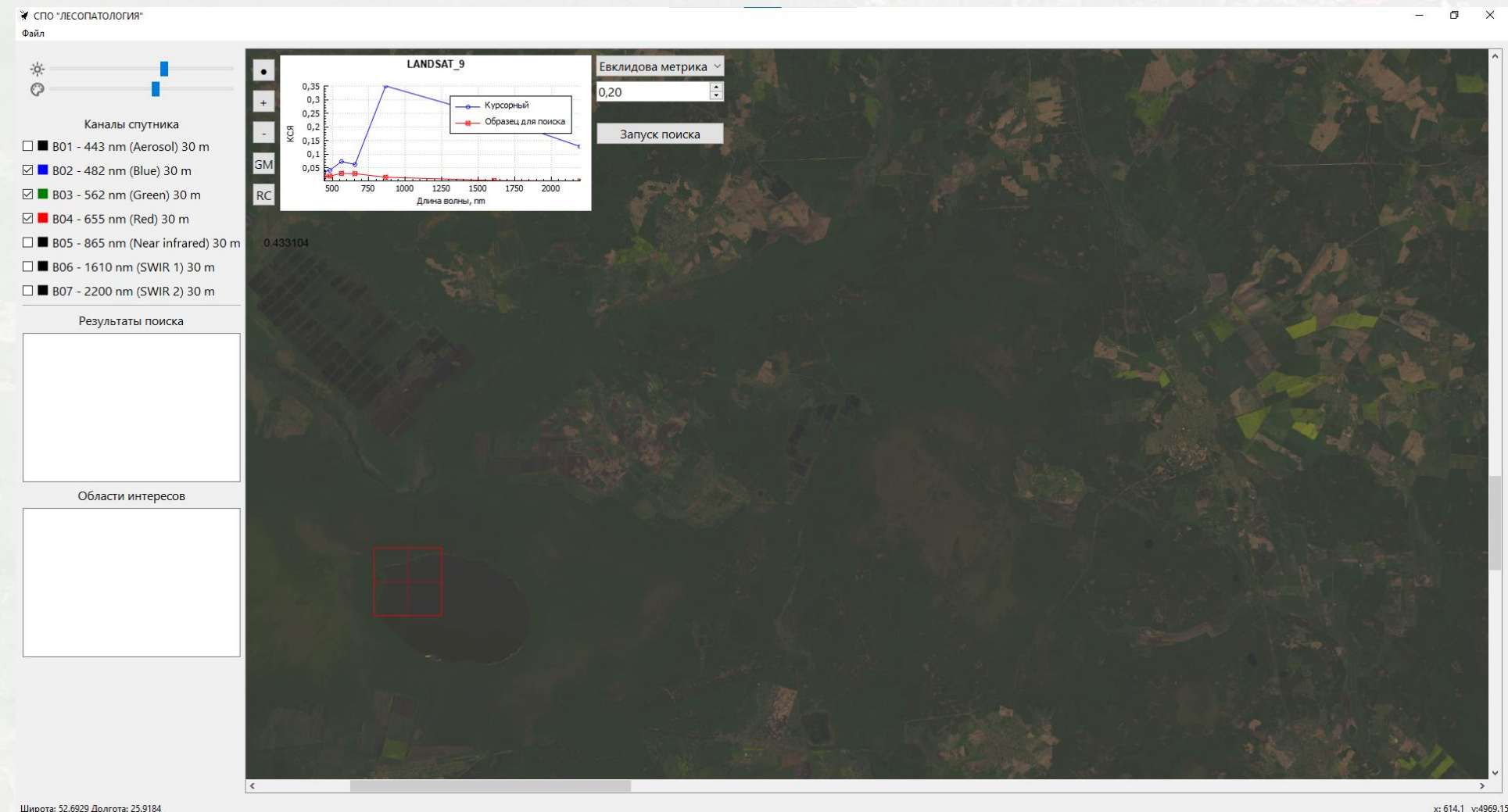


Схема методики определения скорости усыханий на спутниковых данных за три года (попиксельный поиск)

Схема методики поиска усыханий с разным сроком развития (попиксельный поиск) на спутниковых данных

Для поиска участков хвойного леса с усыхающими деревьям по спутниковым изображениям разработано СПО «Лесопатология».

СПО «Лесопатология» включает модуль анализа единовременных изображений.

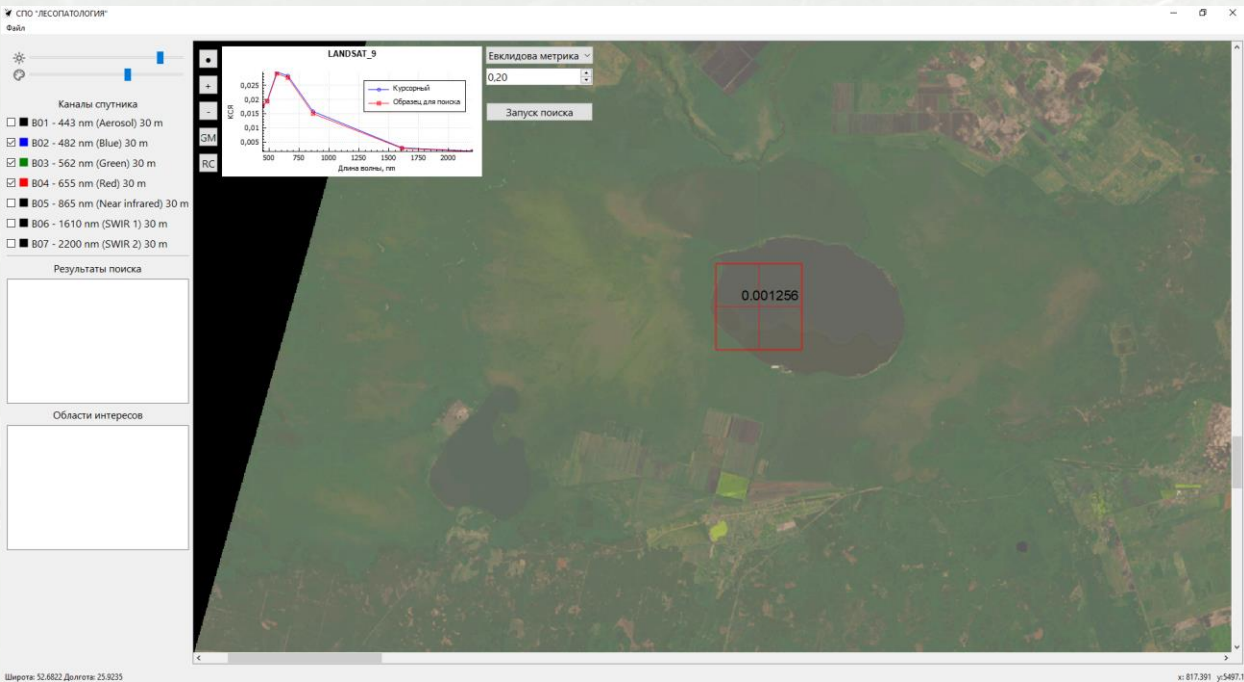


Двойным нажатием на левую клавишу мыши можно выбрать пиксель, КСЯ которого будет использован в качестве образца для поиска (либо в качестве образца можно загрузить внешний, библиотечный спектр).

График КСЯ пикселя для поиска обозначен красным цветом. Синим цветом отображается КСЯ пикселя под курсором.

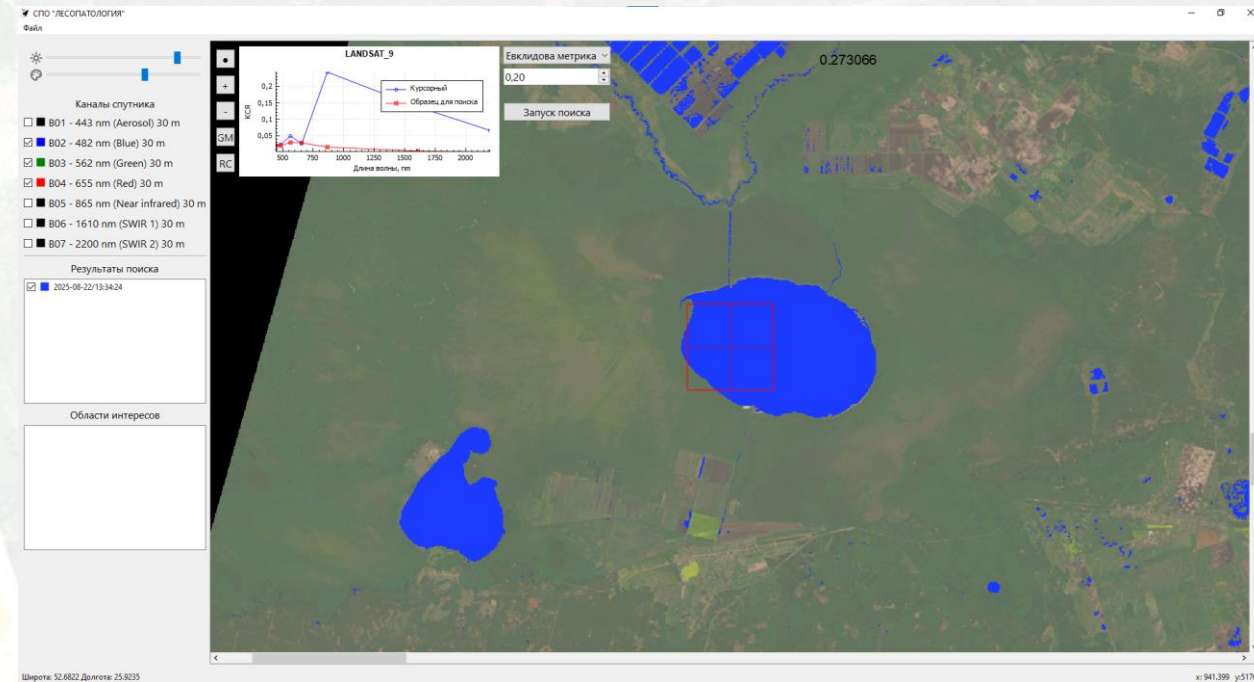


Пример поиска пикселей на изображении с близкими значениями КСЯ по заданной метрике (расстоянию)



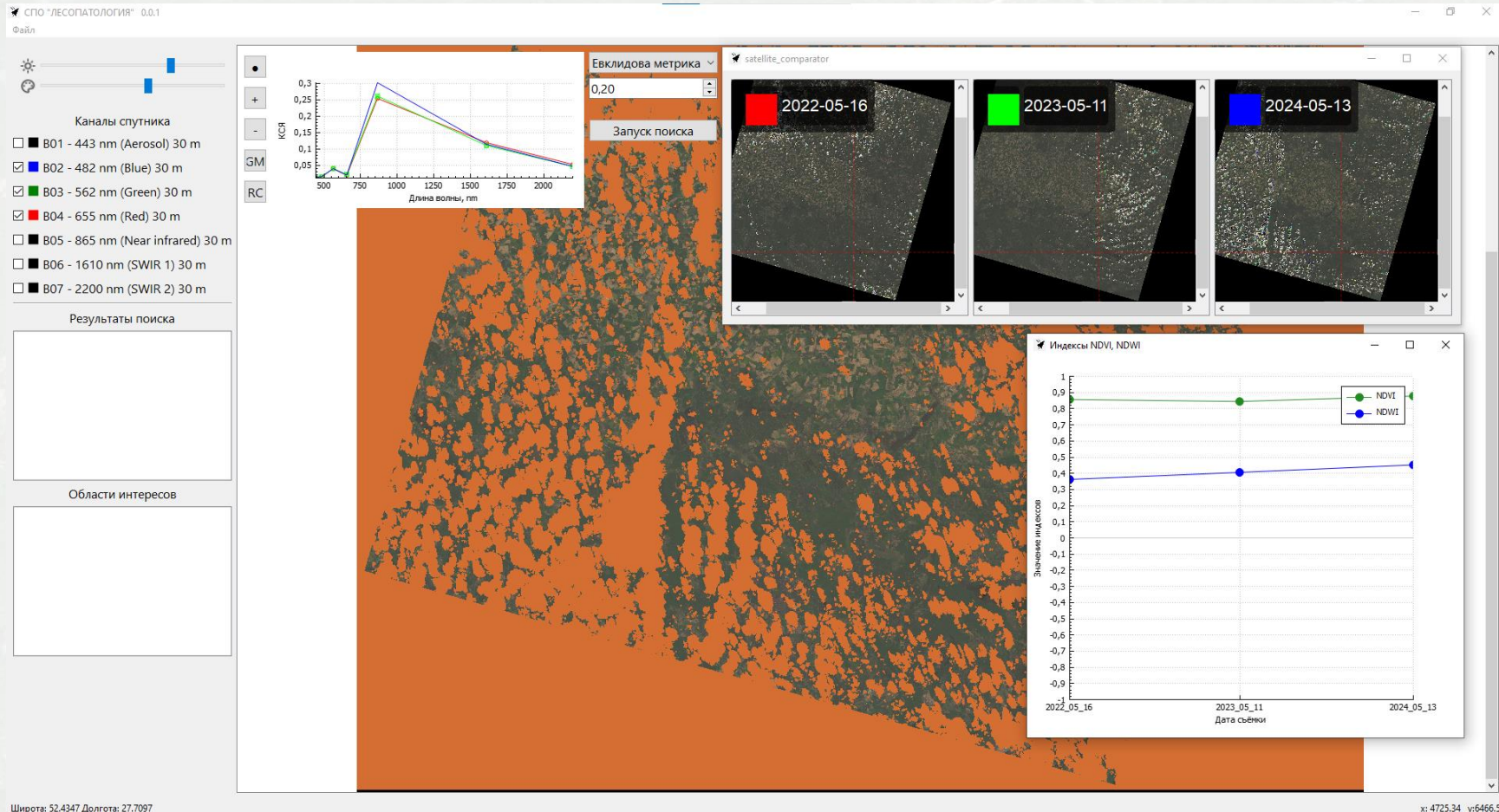
Для поиска по изображению пикселей со схожими КСЯ выбирается образец для поиска (обозначен красным квадратом с перекрестием). Образец для поиска - вода.

Для задания степени схожести (порога) предварительно рассчитываются максимально значения расстояний на изображении по различным метрикам



Результат поиска пикселей водной поверхности. Приведен пример поиска для Евклидовой метрики с порогом схожести 0.2

СПО «Лесопатология» включает модуль анализа временных рядов изображений.

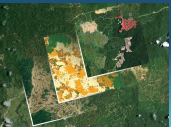


После загрузки временного ряда на экране отображаются изображения для различных моментов времени, отсортированные в порядке возрастания времени и обозначенные разными цветами. Теми же цветами отображены графики КСЯ пикселя под курсором для каждого изображения.

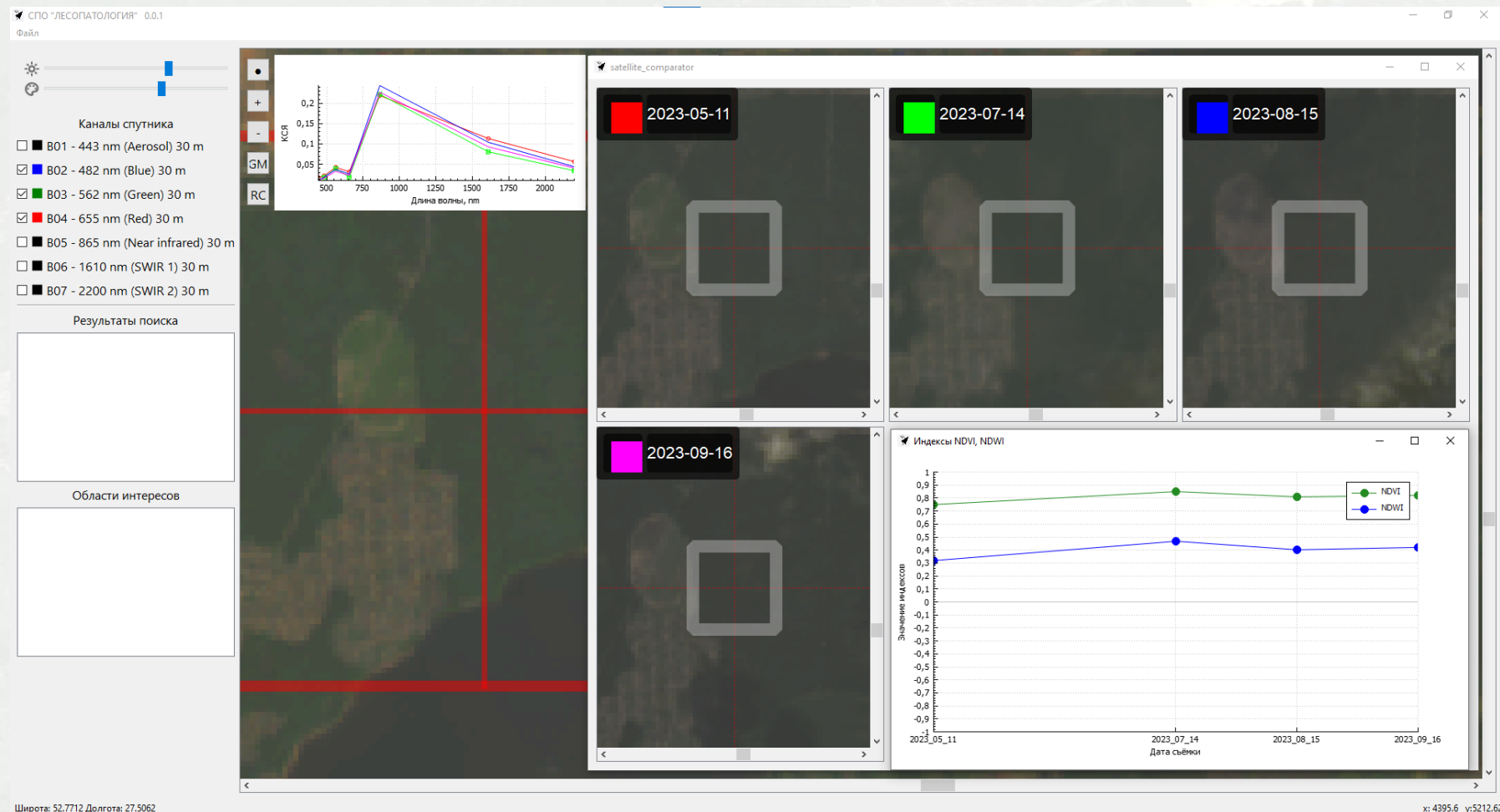
На базовом (первом) изображении показана композитная маска (заполнена оранжевым цветом) областей облачности, теней от облаков и отсутствия данных.

График справа снизу показывает временной ход значений индексов NDVI (зеленый цвет) и NDWI (синий цвет).

Окно программы СПО «Лесопатология»
с загруженными изображениями спутника Landsat 9
за четыре месяца (май, июль, август, сентябрь) 2023 г.



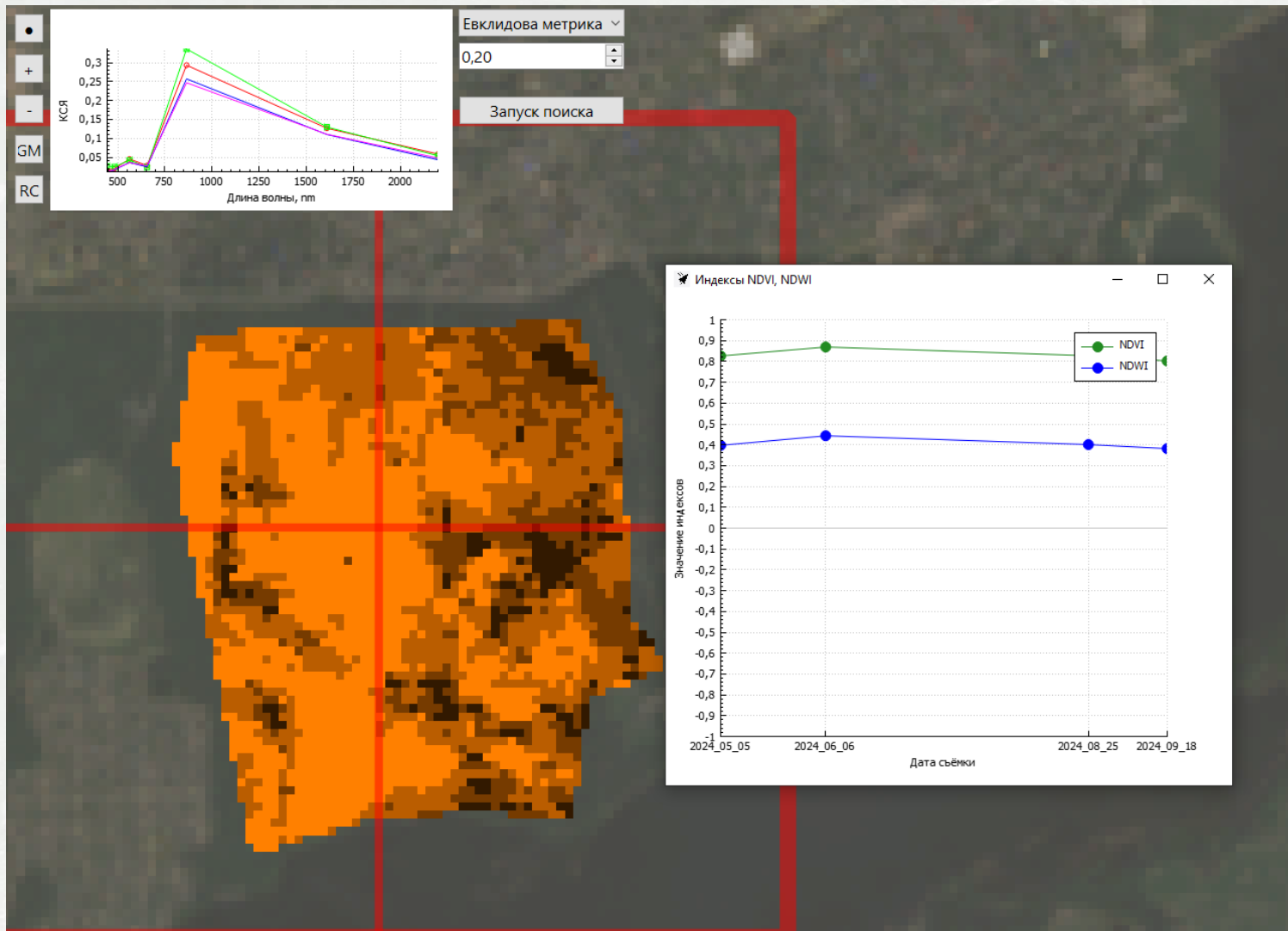
СПО «Лесопатология», модуль анализа временных рядов изображений.



Пример изменений индексов NDVI, NDWI для временного ряда изображений Landsat 9 участка леса в точке с географическими координатами 52.7729016715135, 27.5080791564738 за 2023 год (май – июль – август - сентябрь).

Окно программы СПО «ЛЕСОПАТОЛОГИЯ»
с загруженными изображениями спутника Landsat 9
за четыре месяца (май, июль, август, сентябрь) 2023 г.

СПО «Лесопатология», модуль анализа временных рядов изображений.



Графики спектров КСЯ и временного хода значений индексов NDVI и NDWI для четырех изображений Landsat 9 за 2024 год (май - июнь - август - сентябрь) участка леса в точке с географическими координатами 52.77092584399061, 27.486695105311945

Срок усыхания (Drying Period (DP)) по NDVI длительностью в 1, 2 или 3 месяца показан в виде цветовой маски из 4 цветов (от темно коричневого до оранжевого):

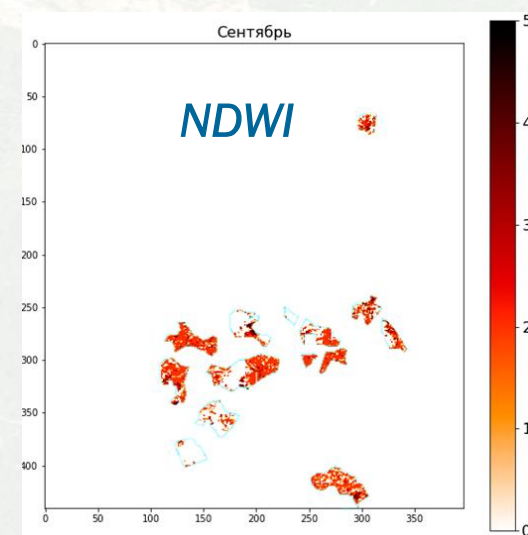
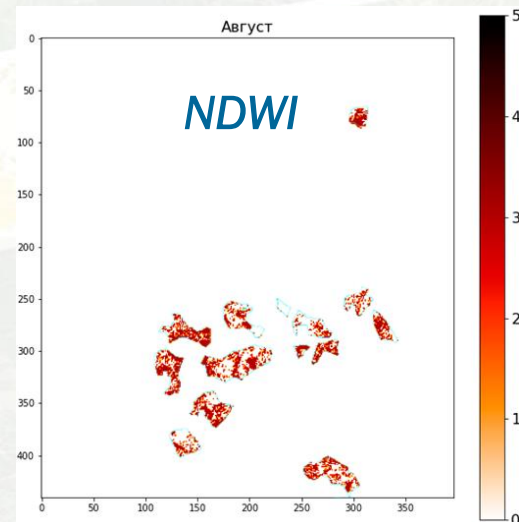
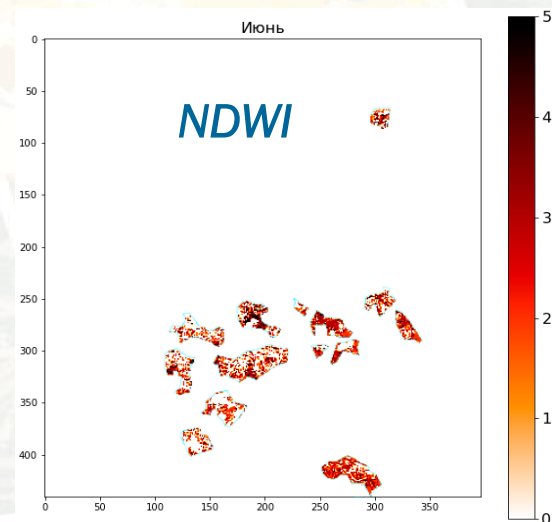
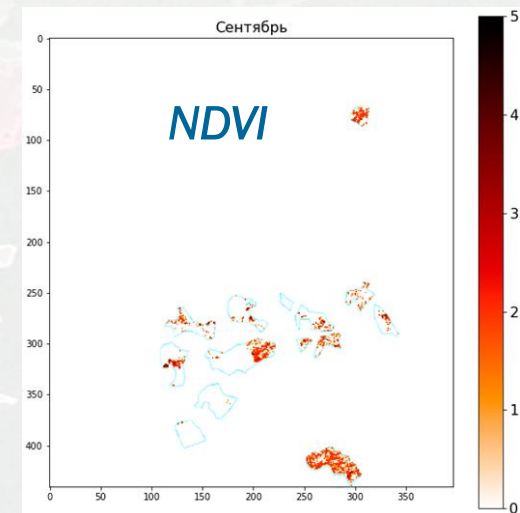
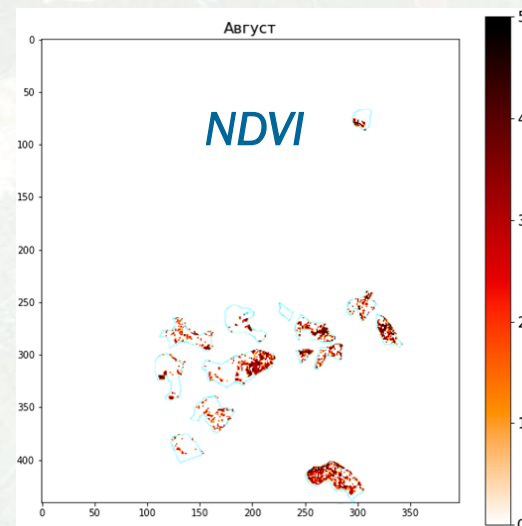
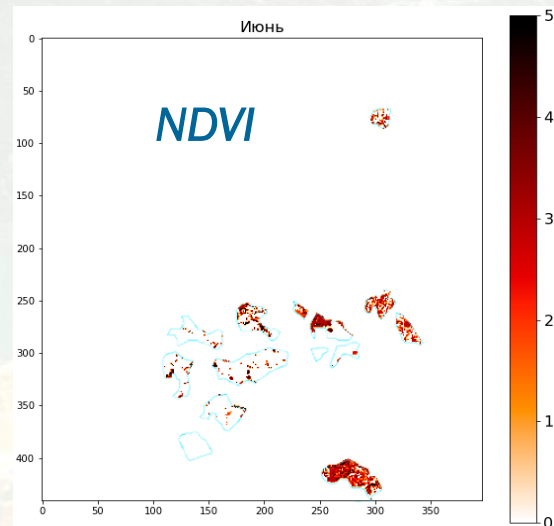
- темно коричневый – DP = 0 (нет усыхания)
- коричневый – DP = 1
- светло-коричневый – DP = 2
- оранжевый – DP = 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Сроки обнаруженных в разные месяцы года усыханий при анализе спутниковых данных Sentinel-2 за пять лет с 2019 по 2023 года по изменению индексов NDVI и NDWI

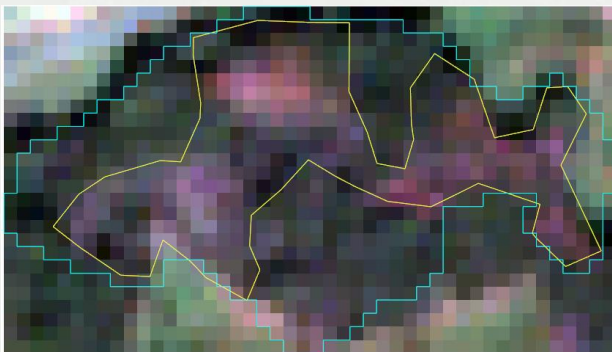


Фрагмент региона 1
Старобинского лесхоза с
масками елового леса

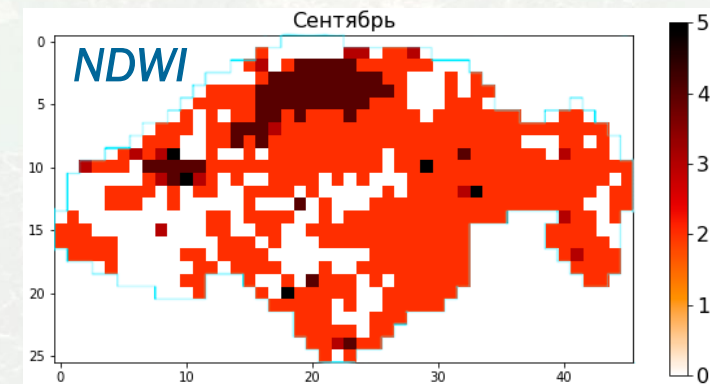
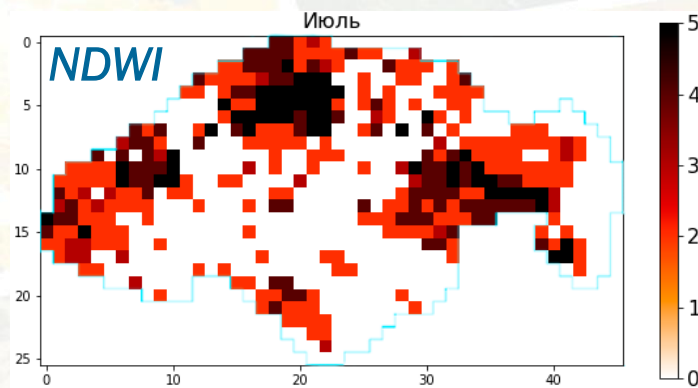
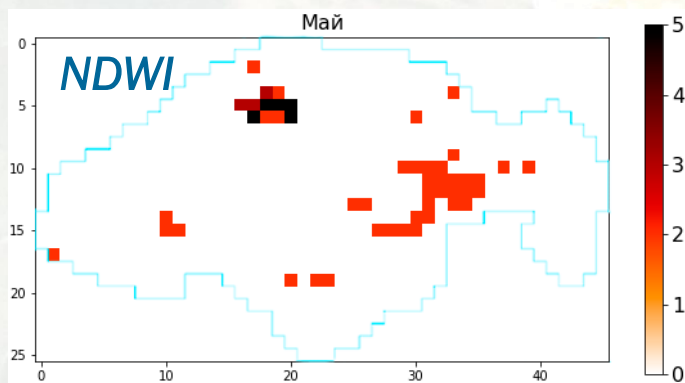
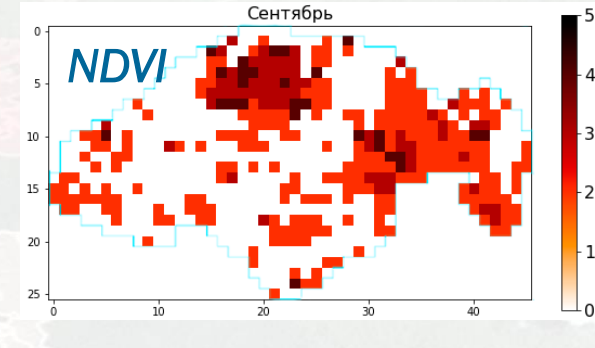
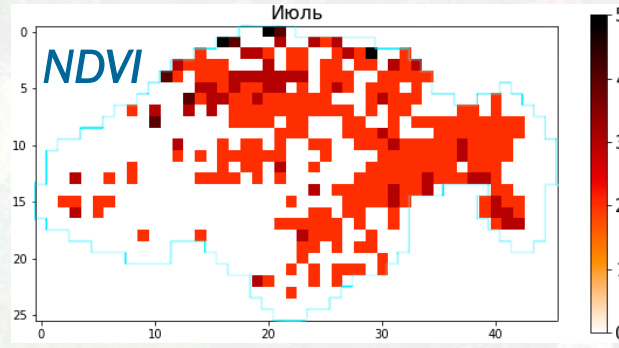
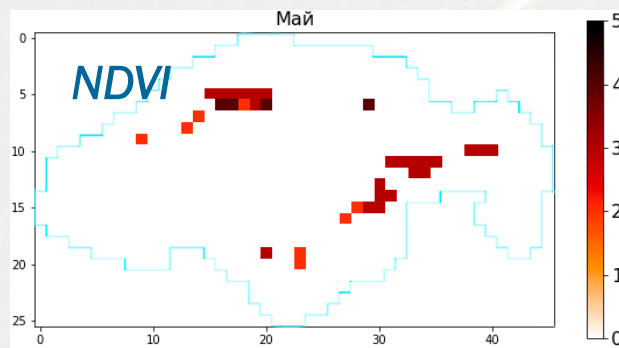


РЕЗУЛЬТАТЫ ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Сроки обнаруженных в разные месяцы года усыханий при анализе спутниковых данных Sentinel-2 за пять лет с 2019 по 2023 года по изменению индексов NDVI и NDWI

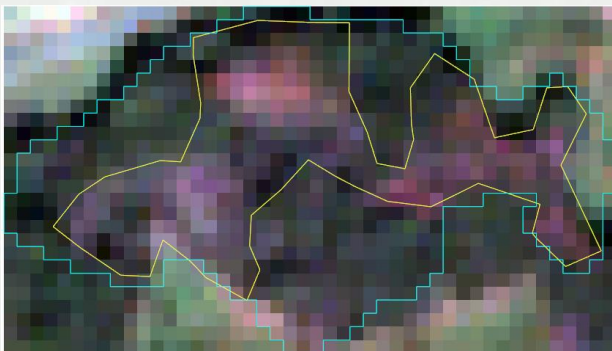


Фрагмент региона 2
Старобинского лесхоза
с маской елового леса



РЕЗУЛЬТАТЫ ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

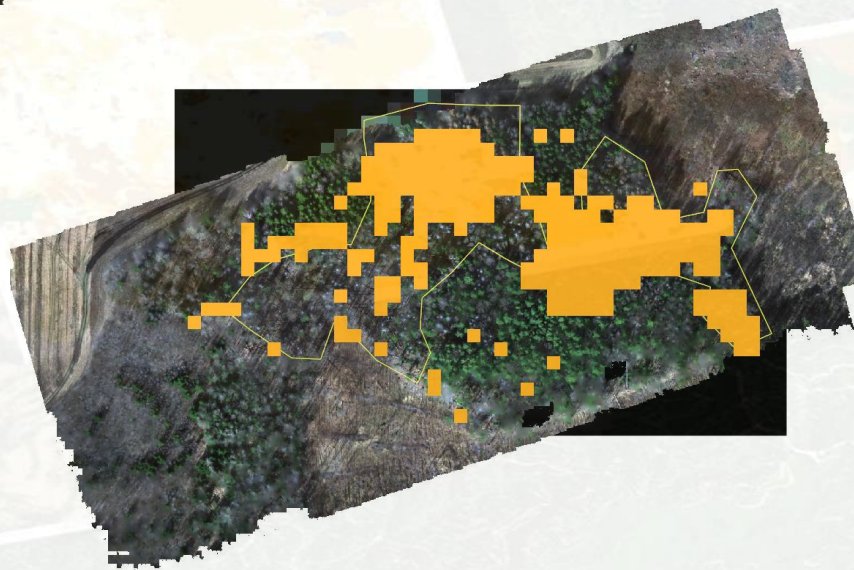
Тестирование обнаружения усыханий по космическим снимкам Sentinel-2 по снимкам с борта БПЛА и наземным обследованиям



Фрагмент региона 2
Старобинского лесхоза
с маской елового леса



Ортофотоплан, полученный с БПЛА на регион интереса, наложенный на спутниковый снимок с границей намеченных вырубок по данным лесопатологов



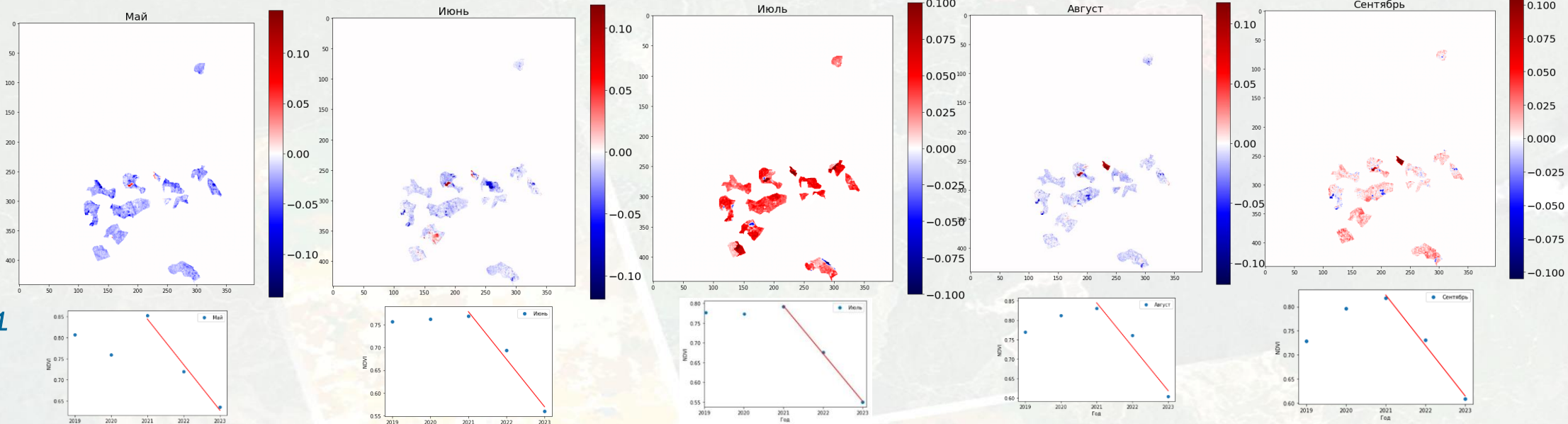
с наложением областей усыхания
(желтый цвет), найденных по
спутниковым данным

РЕЗУЛЬТАТЫ ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

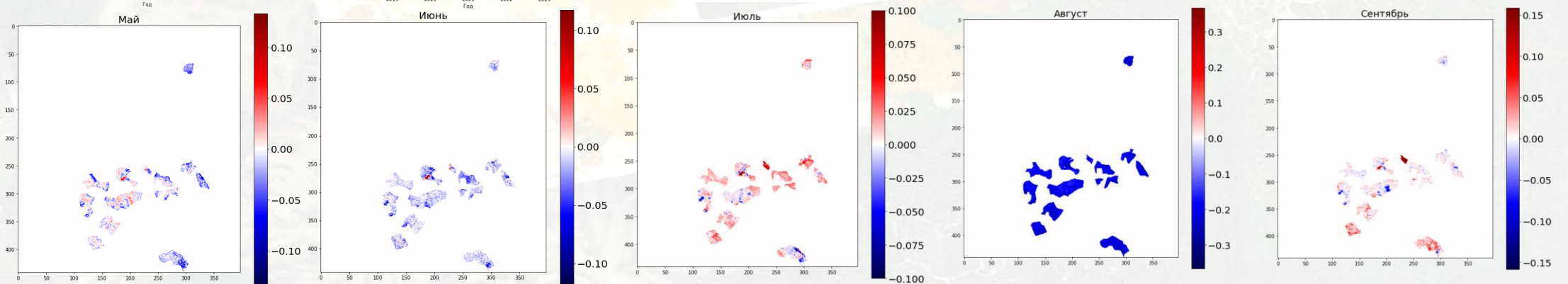
Скорость развития усыхания елового леса по изменению индексов NDVI и NDWI в разные месяцы за годы 2021-2023 (по Sentinel-2)

Отрицательное значение наклона аппроксимирующей прямой обозначает уменьшение вегетационного индекса в пикселе, положительное значение - рост вегетационного индекса.

NDVI



NDWI

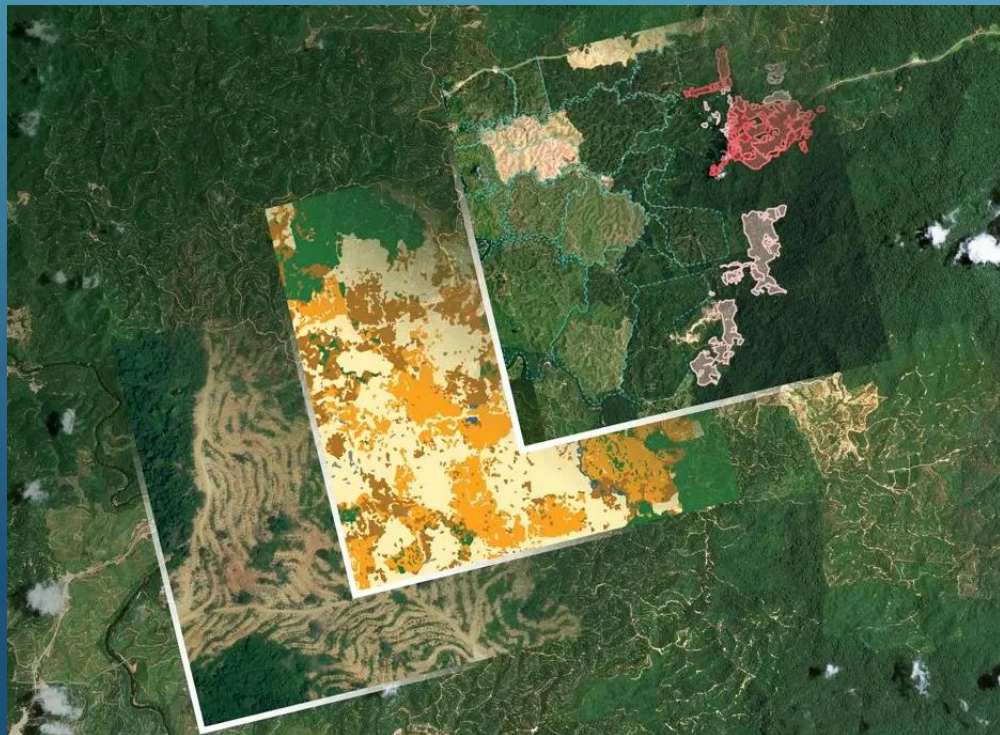


На значения ВИ могут влиять не только состояние хвойной растительности, но и другие факторы, такие как сезонность и влажность почв, влияющая на значение индекса NDWI. Эти факторы необходимо учитывать при использовании данной методики.

Индекс NDWI, отражающий водный стресс растительности, является более информативным, чем индекс NDVI, который отражает качество и количество растительности. Однако, рекомендуется использовать совместно оба индекса, поскольку водный стресс (значение NDVI) может быть обусловлен засушливой погодой.

Все месяцы вегетации растительности с мая по сентябрь могут использоваться для мониторинга усыхания леса, при этом июль является наименее информативным месяцем, что, по-видимому, связано с двумя поколениями короеда (в мае и в июле-августе). Наиболее точная оценка усыханий по ВИ NDVI и NDWI соответствует августу месяцу.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



КООРДИНАТЫ ДЛЯ СВЯЗИ:



**ОТДЕЛ
АЭРОКОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Телефон: + 375 17 396 44 09

Факс: + 375 17 398 32 46

E-mail: remsens@mail.ru

Сайт: www.remsens.by

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко Белорусского государственного университета», Минск, Беларусь



Республика Беларусь,
220045, г. Минск, ул. Курчатова, 7