

Применение ПК ИМС при мониторинге изменений по данным ДЗЗ из космоса



*И.Б. Страшко, К.А. Хоменков, А.А. Пушкин, УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси,
Белорусский государственный технологический университет*

IT конференция, «Исследуйте мир с ИМС»
8 октября 2026 года, г. Москва

ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

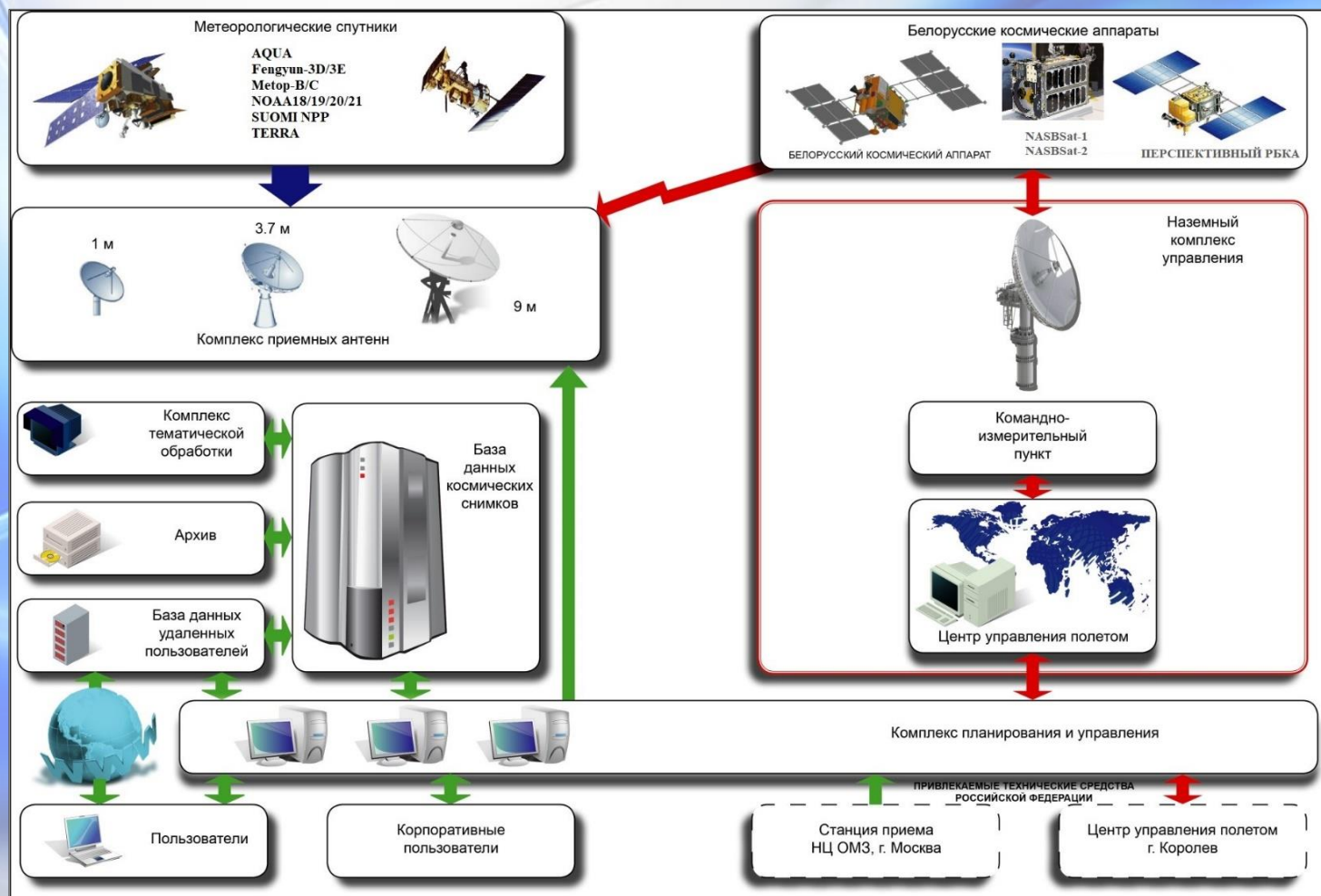
**Информационно-аналитическая система комплексной
оценки изменений территорий государств-членов ЕАЭС
(СКОИТ ЕАЭС) по данным ДЗЗ из космоса**

**Автоматизированное детектирование поврежденных лесных
насаждений посредством ПК ИМС**

ИНФОРМАЦИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ

Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие «Геоинформационные системы»
создано в 1996 году

Предприятие, является одним из основных разработчиков Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли (БКСДЗ) и с 2004 года определено Национальным оператором данной системы. Основными направлениями деятельности УП «Геоинформационные системы» является эксплуатация БКСДЗ, разработка прикладных геоинформационных систем и проведение научных исследований в области ДЗЗ



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Исследование и сравнительный анализ направлений и форм реализации интеграционных процессов в зарубежных странах и в государствах-членах ЕАЭС на основе анализа потребительских и технологических трендов на космическом рынке:

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ (СКОИТ) ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕАЭС ПО ДАННЫМ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА



Обоснование облика СКОИТ ЕАЭС

Цель создания СКОИТ ЕАЭС - разработка эффективного программного продукта по автоматизации процессов обработки первичных данных ДЗЗ, тематического дешифрирования материалов ДЗЗ из космоса, быстрый и качественный подбор необходимых пользователю материалов ДЗЗ, тематический анализ подобранных материалов, предоставление пользователям результатов в виде удобном для восприятия

Назначение СКОИТ ЕАЭС - оперативное выявление единичных и множественных изменений на больших площадях как на техногенно-освоенных территориях, так и в естественных условиях с использованием космических данных ДЗЗ национальных операторов КС ДЗЗ и коммерческих наземных комплексов планирования, приема, обработки и распространения информации стран ЕАЭС



Обоснование облика СКОИТ ЕАЭС

СКОИТ ЕАЭС должна обеспечить выполнение следующих функций:

- ❑ регламентированный доступ пользователям к СКОИТ ЕАЭС в сети массового пользования Интернет посредством интернет-браузера
- ❑ формирование заказа на оценку территории по различным критериям пользователем системы
- ❑ опрос информационно-поисковой системы ЕАЭС и других открытых источников данных ДЗЗ, удовлетворяющих требованиям пользователя, и при возможности загрузка этих данных
- ❑ тематическую классификацию объектов и территорий по данным ДЗЗ из космоса
- ❑ предоставление результатов оценки изменений территорий пользователю посредством интернет-браузера с возможностью их скачивания в принятых в государствах ЕАЭС форматах



Обоснование облика СКОИТ ЕАЭС

Область применения:

- ☐ оперативное управление и контроль в сельском и лесном хозяйстве
- ☐ мониторинг развития инфраструктуры и объектов строительства
- ☐ мониторинг природных экосистем и экологической обстановки
- ☐ обнаружение, мониторинг чрезвычайных ситуаций и оперативное управление их ликвидацией
- ☐ решение вопросов национальной безопасности

Структура СКОИТ ЕАЭС

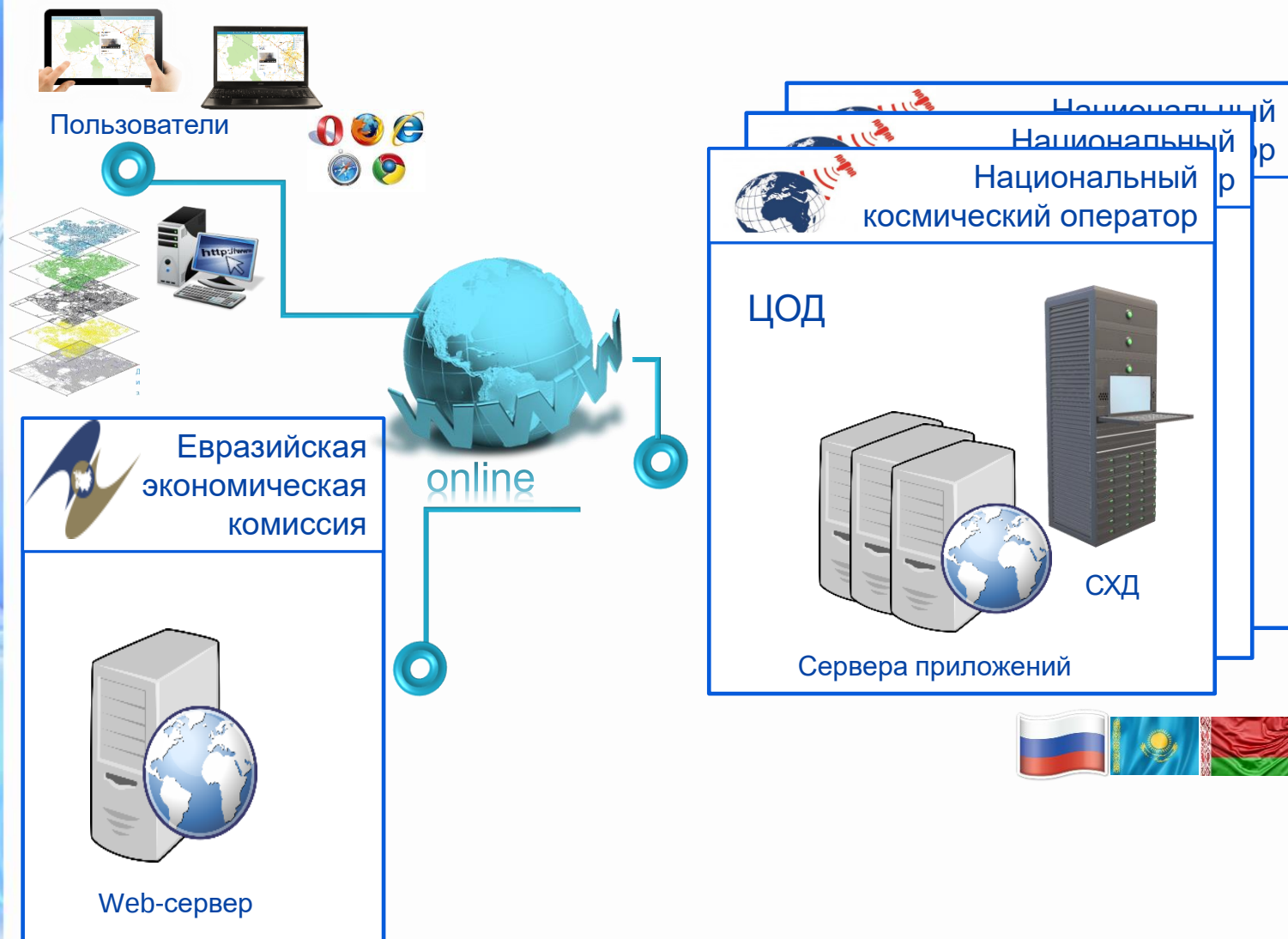
СКОИТ ЕАЭС - территориально распределенная информационная система

СКОИТ ЕАЭС должна включать следующие основные компоненты:

- ☐ веб-сервер СКОИТ ЕАЭС
- ☐ серверы приложений СКОИТ ЕАЭС национальных космических операторов

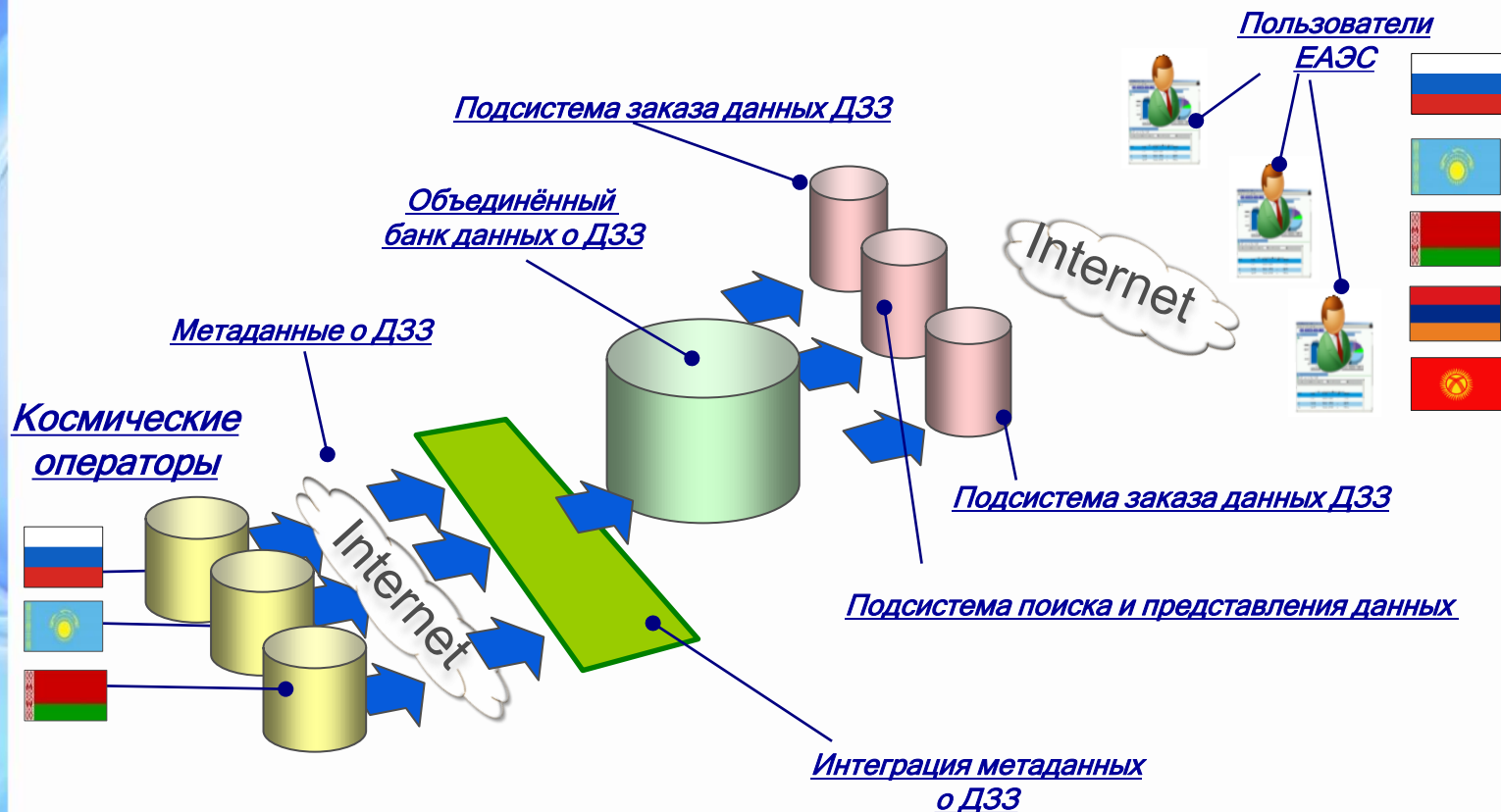


Структура СКОИТ ЕАЭС





Структура банка данных о материалах и продуктах ДЗЗ, получаемых с КА государств-членов ЕАЭС





Алгоритм взаимодействия пользователя и СКОИТ ЕАЭС

1. Пользователь, используя интернет-браузер, заходит на Веб-сервер и авторизовавшись в системе попадает в личный кабинет.
2. Пользователь указывает параметры данных ДЗЗ: зону интереса на картографической основе, временной промежуток, сенсоры, максимальные углы съемки и т.д.
3. Сформированный запрос система ретранслирует в информационно-поисковую систему данных ДЗЗ ЕАЭС.
4. Полученные на запрос метаданные отображаются на картографической основе.
5. Пользователь определяет наиболее оптимальные для него данные ДЗЗ и формирует заявку на тематическую обработку.
6. Программно формируются и отправляются запросы на тематическую обработку данных ДЗЗ их владельцам (национальные космические операторы) на сервера приложений.
7. Результаты тематической обработки в виде векторного файла по мере готовности пересылаются серверами приложений на веб-сервер и отображаются в личном кабинете пользователя.



Макет модулей СКОИТ ЕАЭС

В ходе выполнения НИР разработаны:

- ☐ программное обеспечение модулей (ПМ СКОИТ ЕАЭС)
- ☐ комплект программной и эксплуатационной документации (описание программы; описание применения программного обеспечения; руководство оператора web-интерфейса Макета; текст программы)

Цель макетирования - создать прототип СКОИТ ЕАЭС, подтверждающий работоспособность разработанных алгоритмов автоматической обработки данных ДЗЗ

ПМ СКОИТ ЕАЭС включает в свой состав:

- ☐ модуль тематической обработки данных ДЗЗ из космоса (ПМ «Тематика»)
- ☐ модуль отображения в WEB-интерфейсе (ПМ «Отображение»)



Макет модулей СКОИТ ЕАЭС

ПМ СКОИТ ЕАЭС обеспечивает:

- ❑ предварительную обработку материалов КА государств-членов ЕАЭС и бесплатных данных с оптических КА (Landsat-8, Sentinel-2) (уточнение геопривязки разновременных данных)
- ❑ создание бесшовного непрерывного покрытия (мозаики) на тестовую территорию
- ❑ выявление изменений на местности тестового участка по разновременным материалам с КА государств-членов ЕАЭС и бесплатных данных с оптических КА (Landsat-8, Sentinel-2)
- ❑ классификацию объектов в области изменений по категориям: вода, растительность (древесная, травянистая), почва, искусственные объекты
- ❑ автоматическое формирование векторных электронных слоев изменений
- ❑ отображение полученных векторных электронных слоев изменений в WEB-интерфейсе, осуществление подгрузки предварительно обработанных снимков с КА государств-членов ЕАЭС и бесплатных данных с оптических КА (Landsat-8, Sentinel-2)



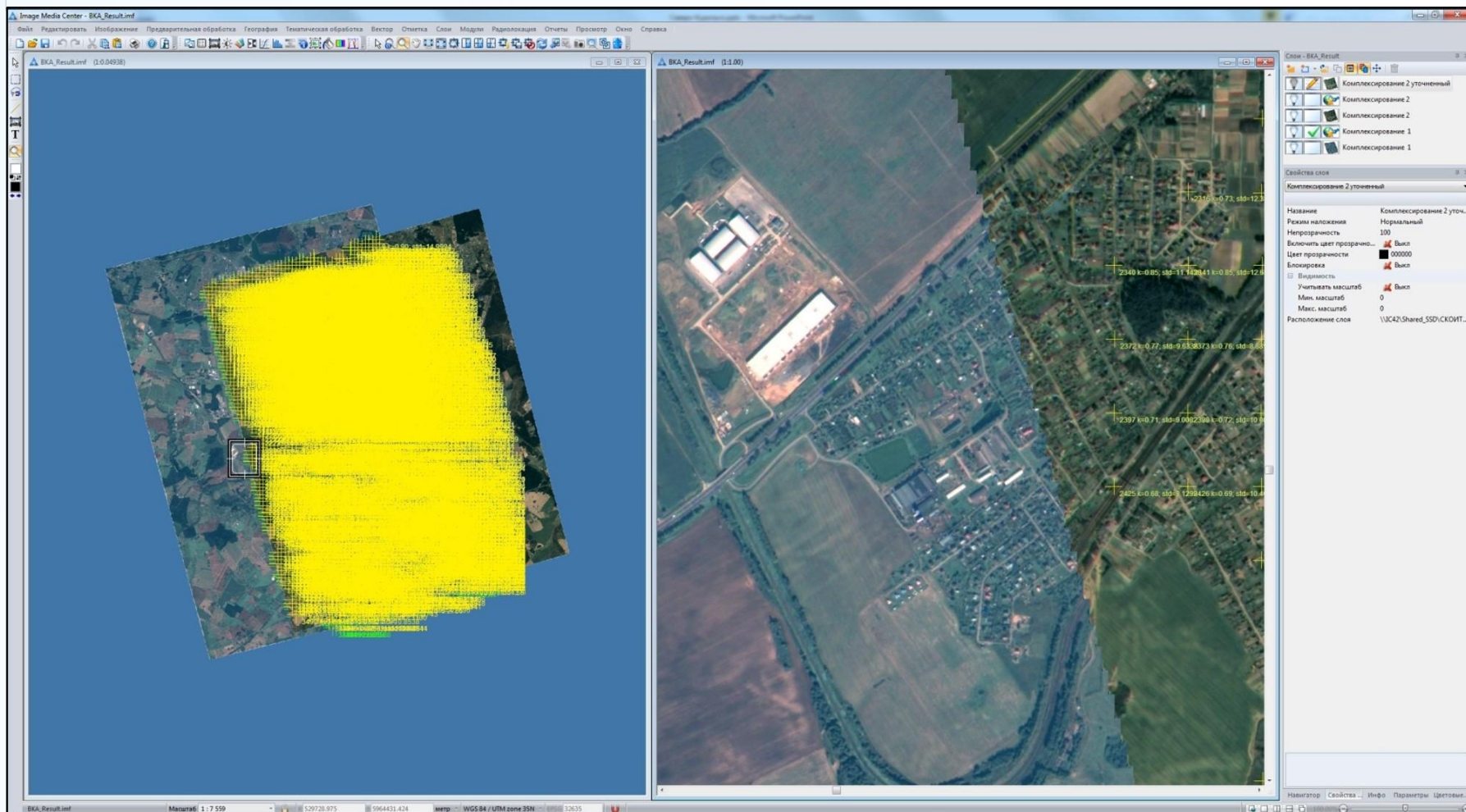
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ
ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ
ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕАЭС (МАКЕТ)



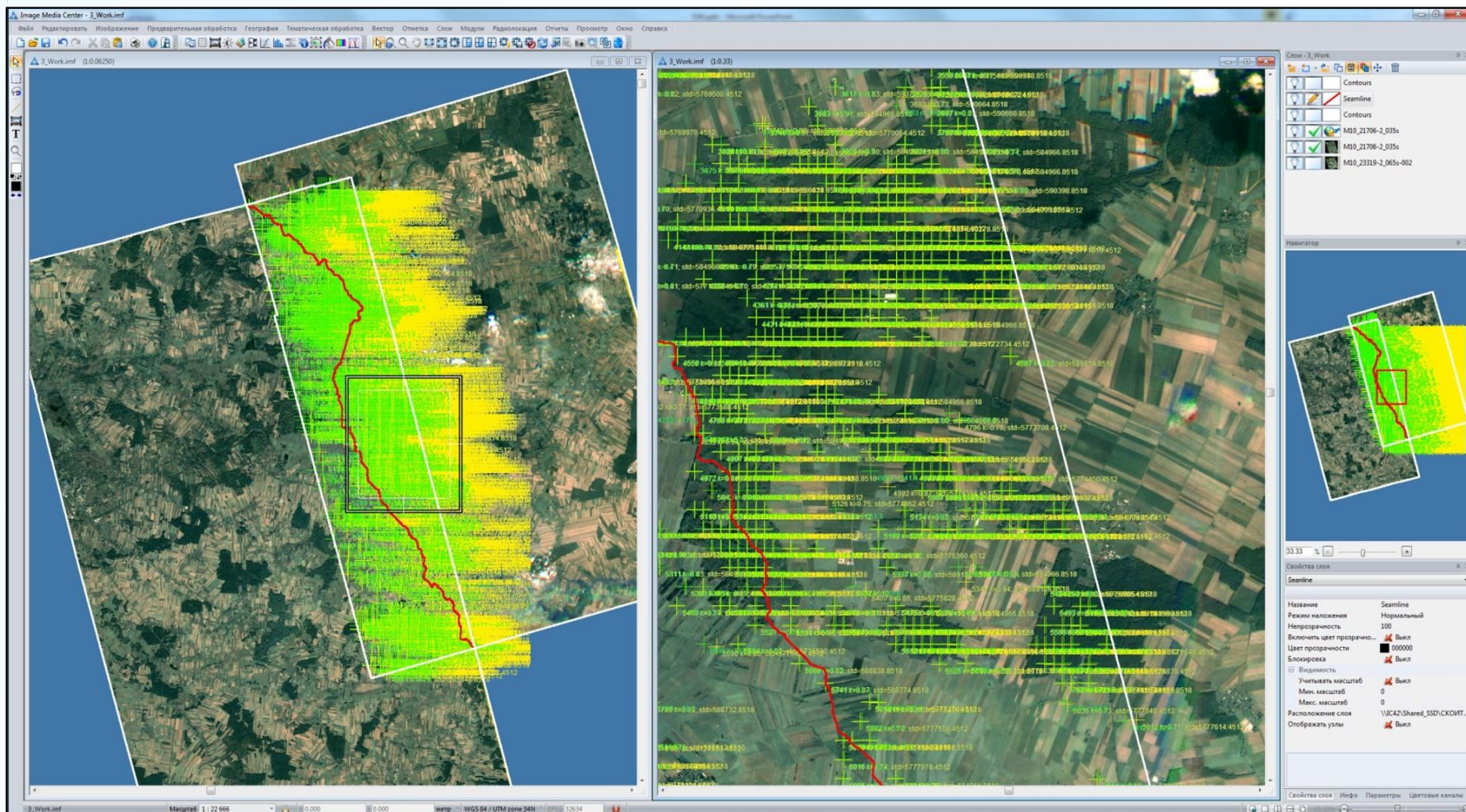
Этап расчета связующих точек и расчета коэффициентов трансформации

Маршруты с КА типа Канопус (БКА)



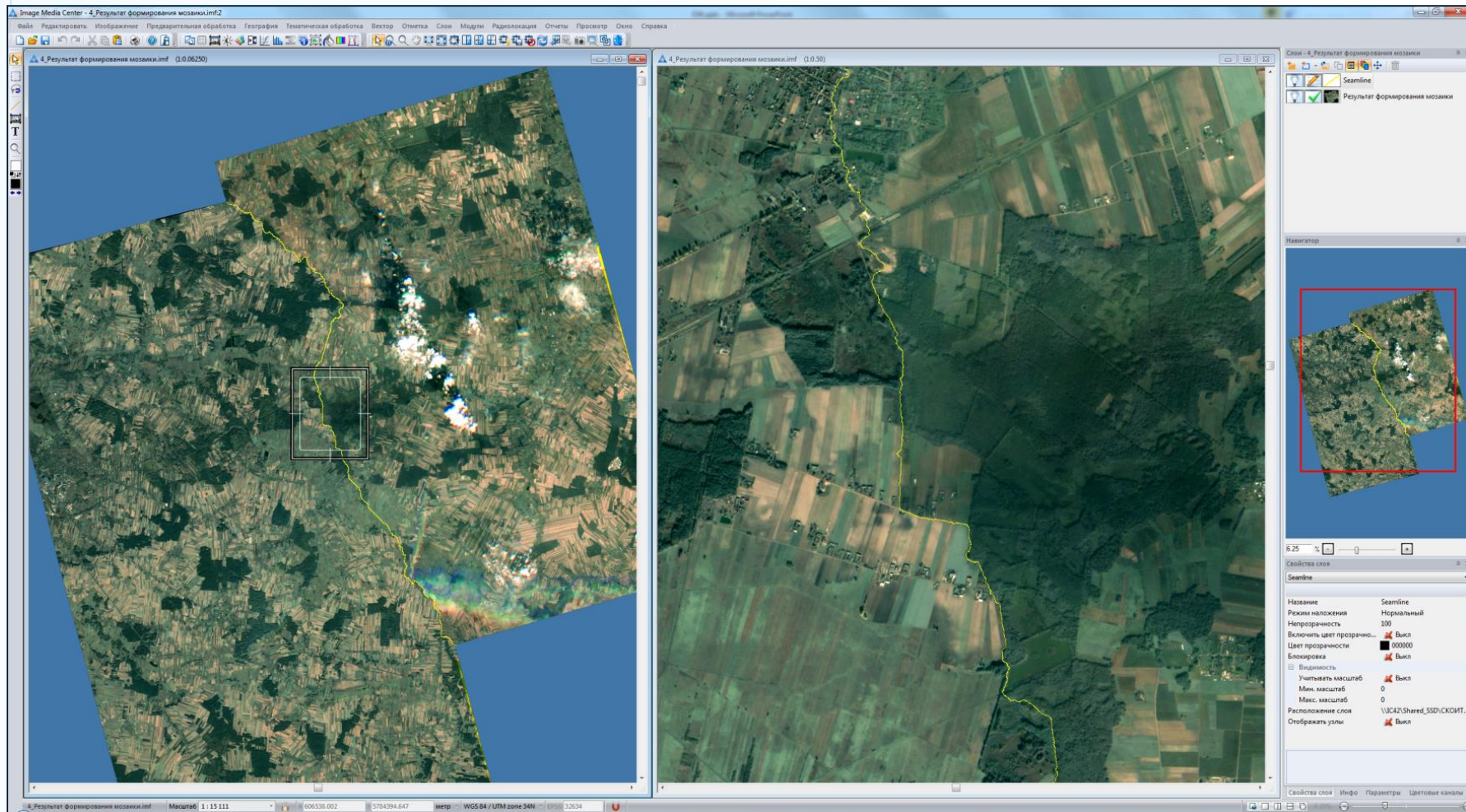
1. Этап расчета связующих точек.
2. Расчет коэффициентов трансформации.
3. Построение линии швывки.
4. Выравнивание цветового баланса маршрутов по опорному снимку.

Маршруты с КА типа Канопус (БКА)



1. Объединение маршрутов по линии сшивки.
2. Формирование результирующей мозаики.

Маршруты с КА типа Канопус (БКА)



Система комплексной оценки изменений территорий государств-членов ЕАЭС по данным дистанционного зондирования Земли из космоса

Республика Беларусь.
Исходные данные:
Снимки с КА Sentinel-2

1) 12/06/2020 09:20:41
2) 08/06/2018 09:20:29

1. Этап совмещения снимков.

2. Формирование маски облаков.

3. Выявление изменений.

4. Классификация изменений по типам:

-гидрография;

-искусственные объекты;

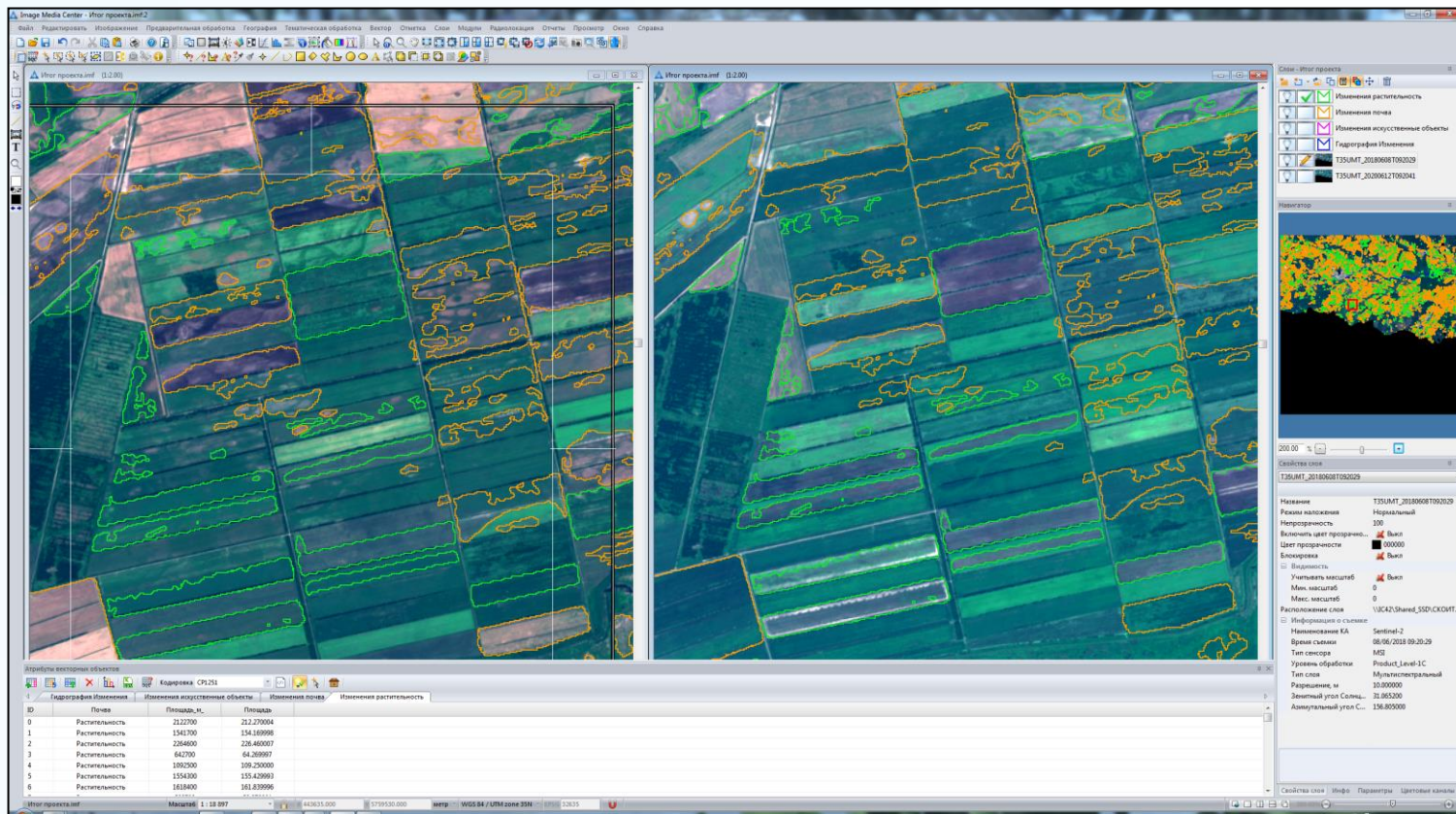
-почвы;

-растительность.

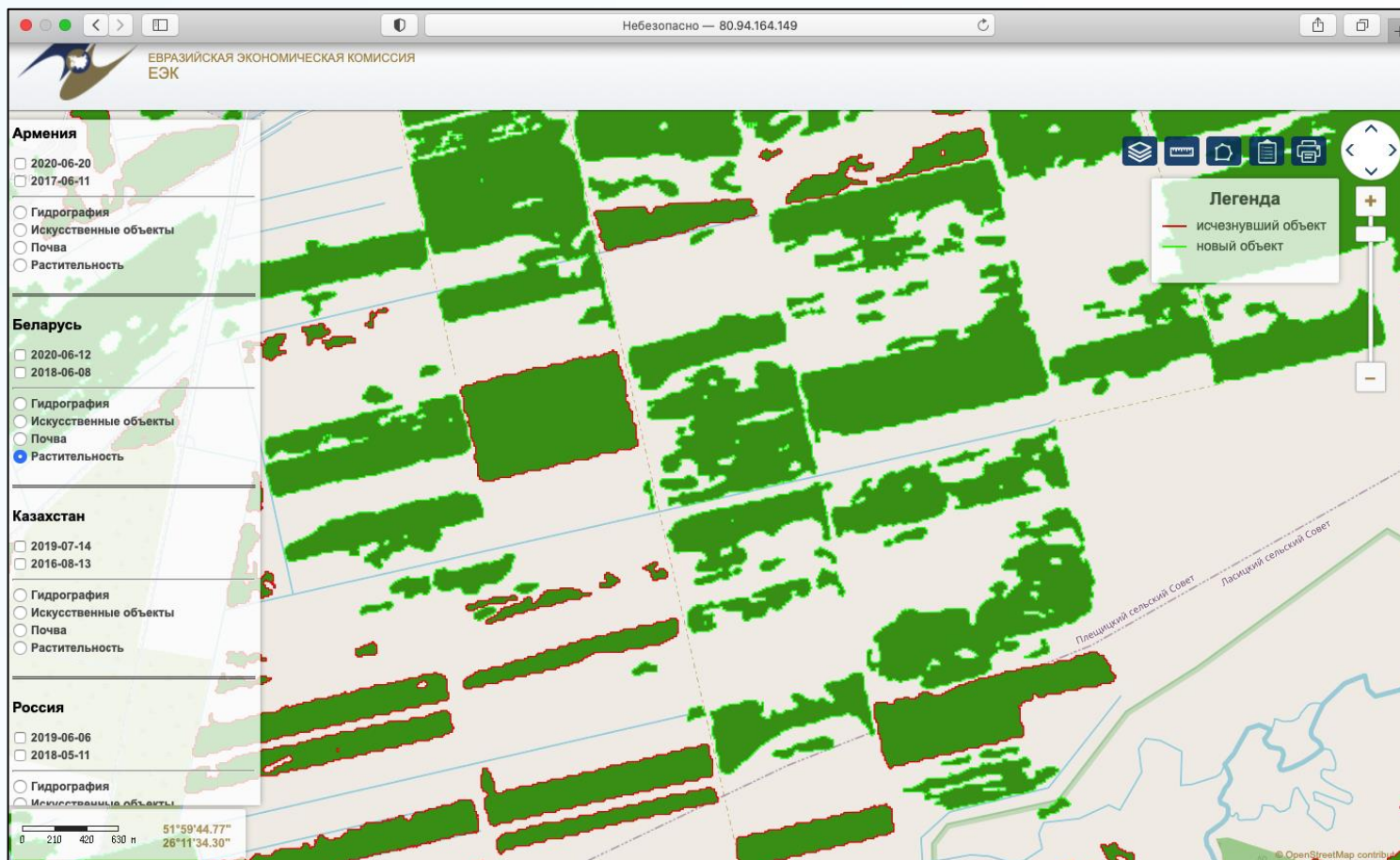
5. Формирование векторных слоев.

6. Автоматическое заполнение

таблицы атрибутов по каждому объекту.



Система комплексной оценки изменений территорий государств-членов ЕАЭС по данным дистанционного зондирования Земли из космоса



Республика Беларусь.
Исходные данные:
Снимки с КА Sentinel-2

- 1) 12/06/2020 09:20:41
- 2) 08/06/2018 09:20:29

**Изменения в
почвенном покрове.
Представление в
WEB-браузере.**



Результаты разработки ПМ СКОИТ ЕАЭС

- ❑ разработаны обоснование облика и принципы создания информационно-аналитической системы комплексной оценки изменений территорий государств-членов ЕАЭС по данным дистанционного зондирования Земли из космоса (СКОИТ ЕАЭС)
- ❑ разработаны макет модулей информационно-аналитической системы комплексной оценки изменений территорий государств-членов ЕАЭС (презентационной версии) по данным ДЗЗ из космоса, комплект программной и эксплуатационной документации
- ❑ разработаны предложения в проекты технического задания и технико-экономического обоснования работ по созданию полнофункциональной СКОИТ ЕАЭС
- ❑ выполнены разработка и программирование алгоритмов, обеспечивающих автоматизацию процессов обработки данных ДЗЗ от первичной обработки и ортофототрансформирования до получения конечного продукта (векторного слоя изменений)



Исследовательская работа в части предварительной и тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ с учетом специфики задач, решаемых Геосервисом «Состояние лесов»

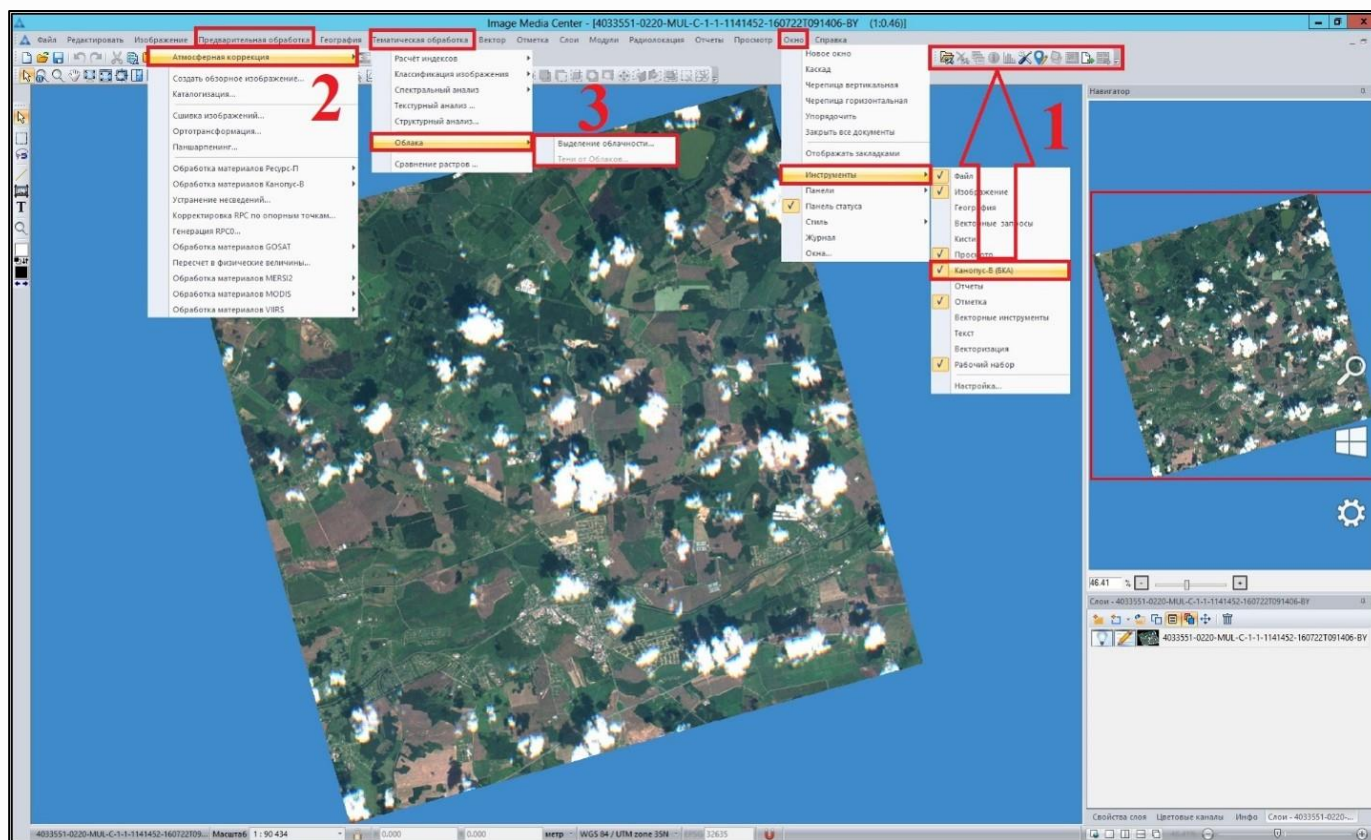
Геосервис «Состояние лесов» предназначен для обеспечения работников лесохозяйственной отрасли оперативной информацией о местоположении и площадях поврежденных лесных насаждений, оценке устойчивости лесов к воздействию неблагоприятных природно-климатических факторов и прогноза пожарной опасности лесных территорий

Цель ОКР:

- 1. Разработать технологию автоматизированной предварительной обработки данных ДЗЗ БКСДЗ на основе ПК ИМС.**
- 2. Разработать технологию автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС.**

Технология автоматизированной предварительной обработки данных ДЗЗ БКСДЗ на основе ПК ИМС

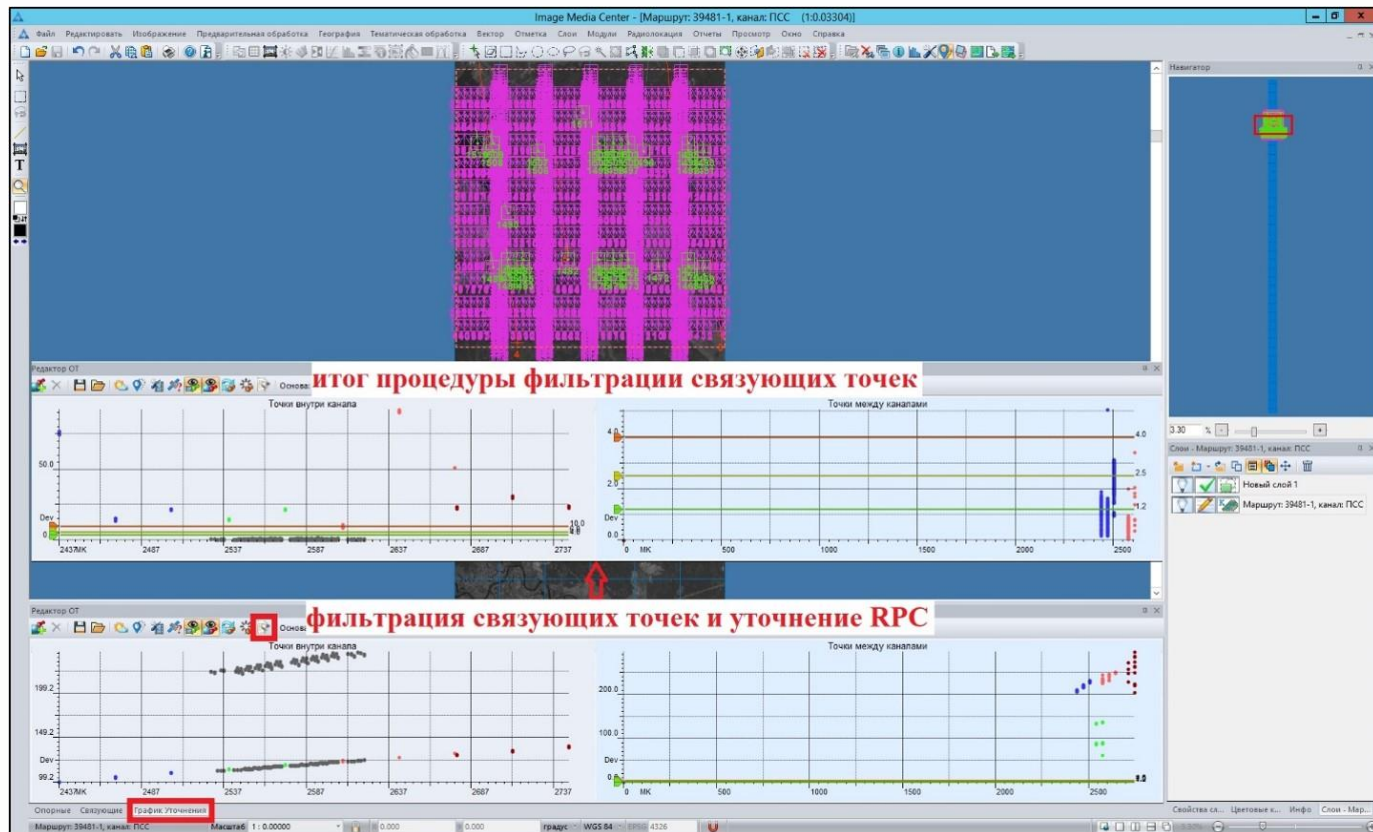
1. Геометрическая и радиометрическая коррекция данных ДЗЗ БКСДЗ.
2. Атмосферная коррекция.
3. Выделение и исключение облачности и теней от облаков.



Технология автоматизированной предварительной обработки данных ДЗЗ БКСДЗ на основе ПК ИМС

Геометрическая и радиометрическая коррекции данных ДЗЗ БКСДЗ

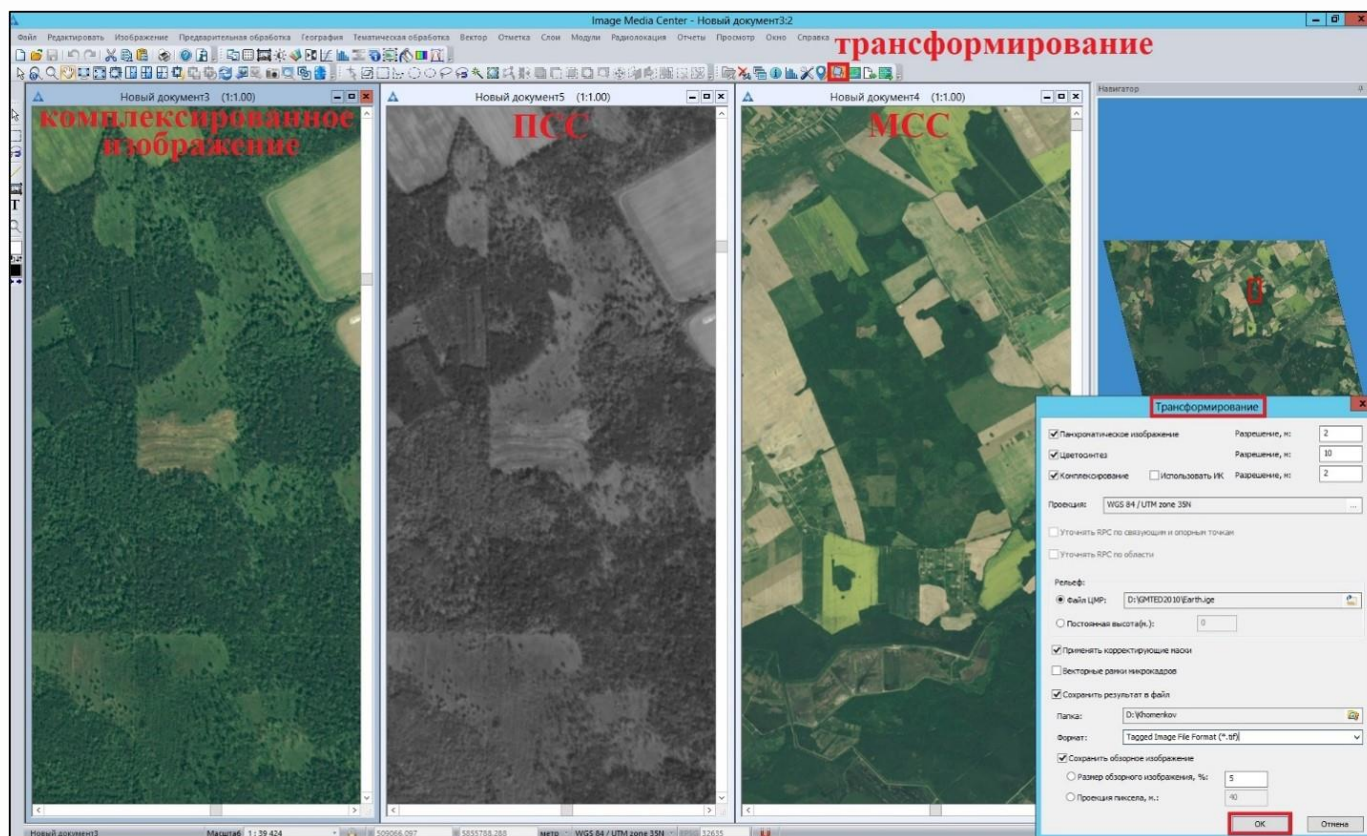
1. Установка опорных точек.
2. Фильтрация связующих точек и уточнение RPC-коэффициентов.



Технология автоматизированной предварительной обработки данных ДЗЗ БКСДЗ на основе ПК ИМС

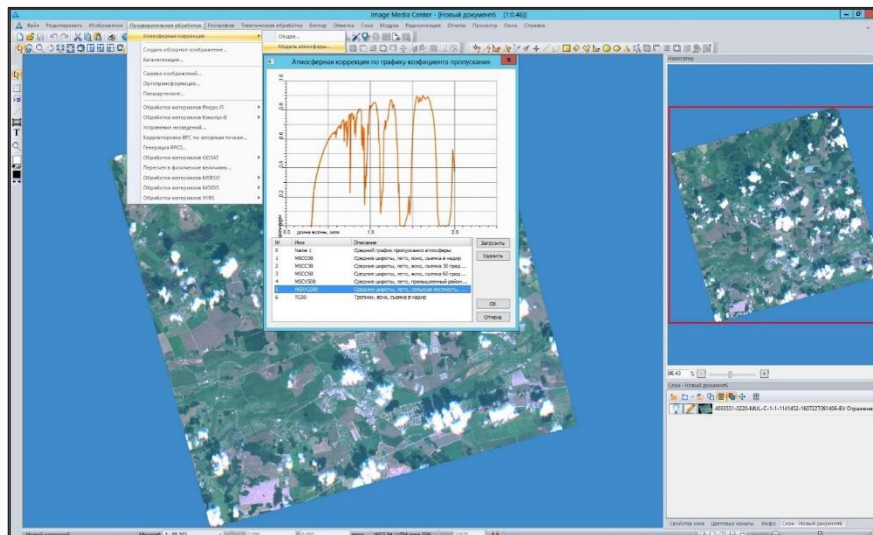
Геометрическая и радиометрическая коррекции данных ДЗЗ БКСДЗ

Результат формирования маршрута



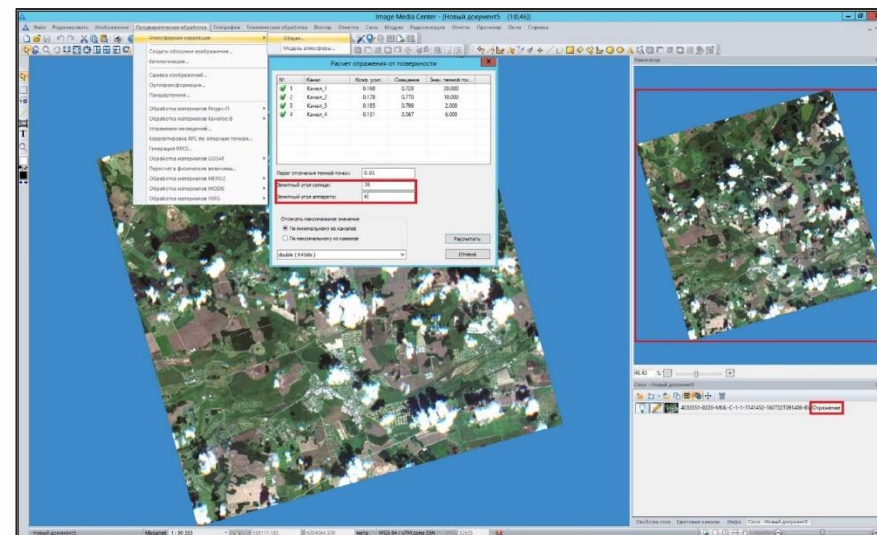
Технология автоматизированной предварительной обработки данных ДЗЗ БКСДЗ на основе ПК ИМС

Атмосферная коррекция



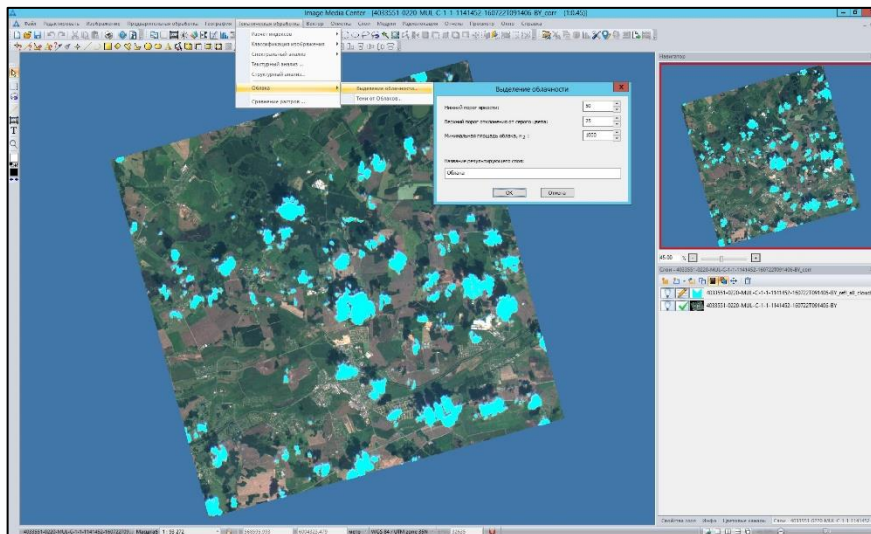
Атмосферная коррекция данных ДЗЗ БКСДЗ по среднему графику пропускания

Атмосферная коррекция данных ДЗЗ БКСДЗ по методу «Общая»



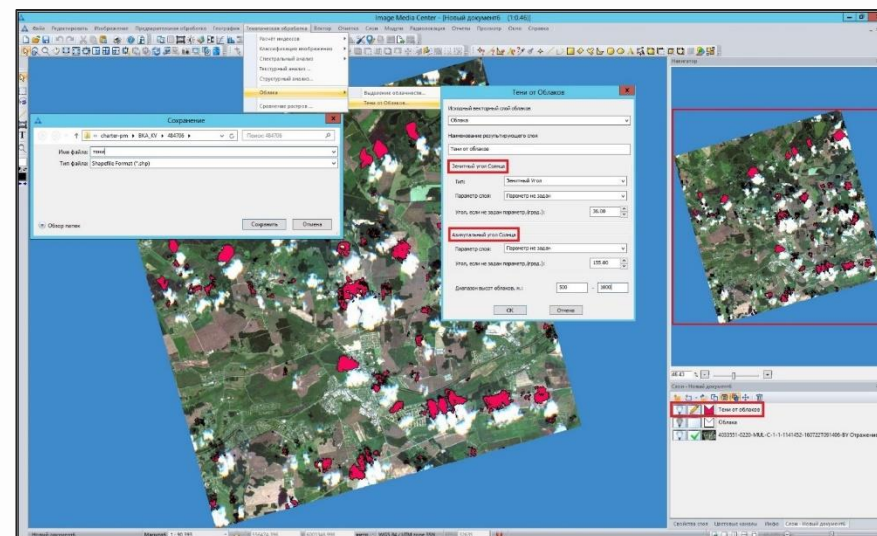
Технология автоматизированной предварительной обработки данных ДЗЗ БКСДЗ на основе ПК ИМС

Выделение и исключение облачности и теней от облаков



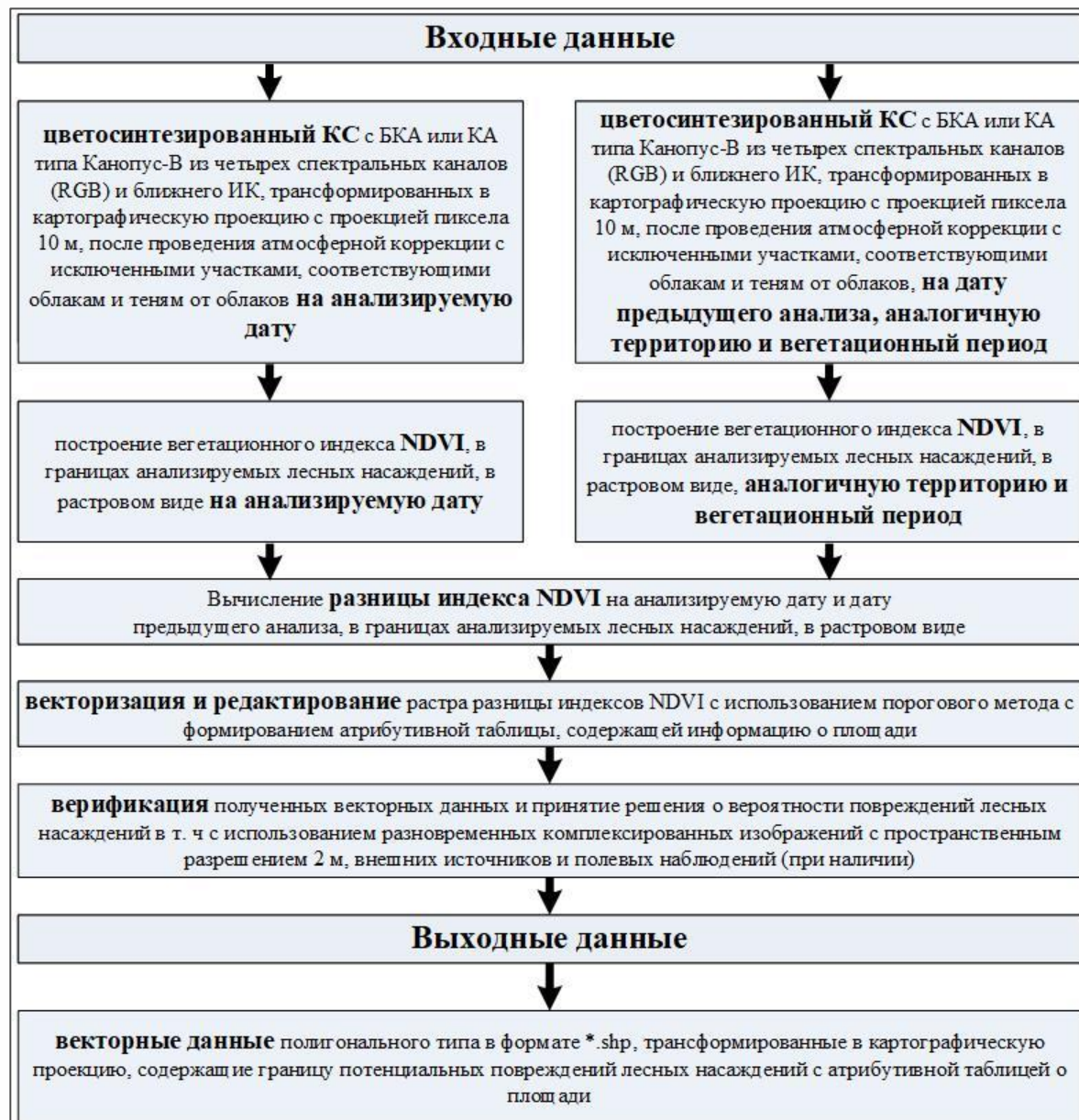
Результат работы инструмента «Выделение облачности»

Результат работы инструмента «Тени от облаков»



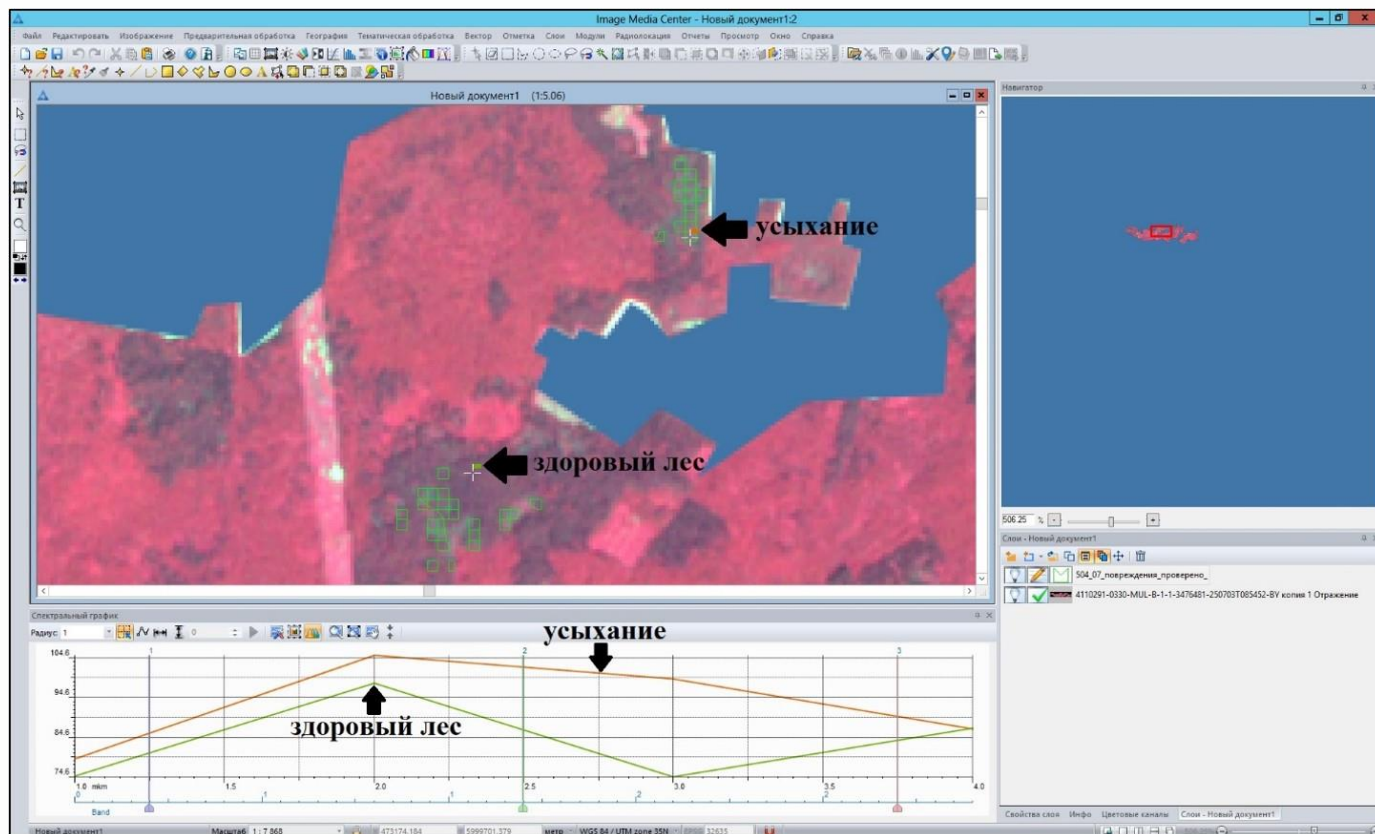


Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС

Анализ состояния лесных насаждений на основе материалов ДЗЗ БКСДЗ



Спектральные кривые поврежденных и здоровых лесных насаждений
Участок Воложинского лесхоза. Данные ДЗЗ БКСДЗ, 03.07.2025 г.
При повреждении (усыхании) насаждений в вегетативных органах снижается концентрация хлорофилла. Как следствие - в видимом диапазоне (особенно в красной части) снижается поглощение света и увеличивается отражательная способность. В ближнем ИК она падает.



Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС

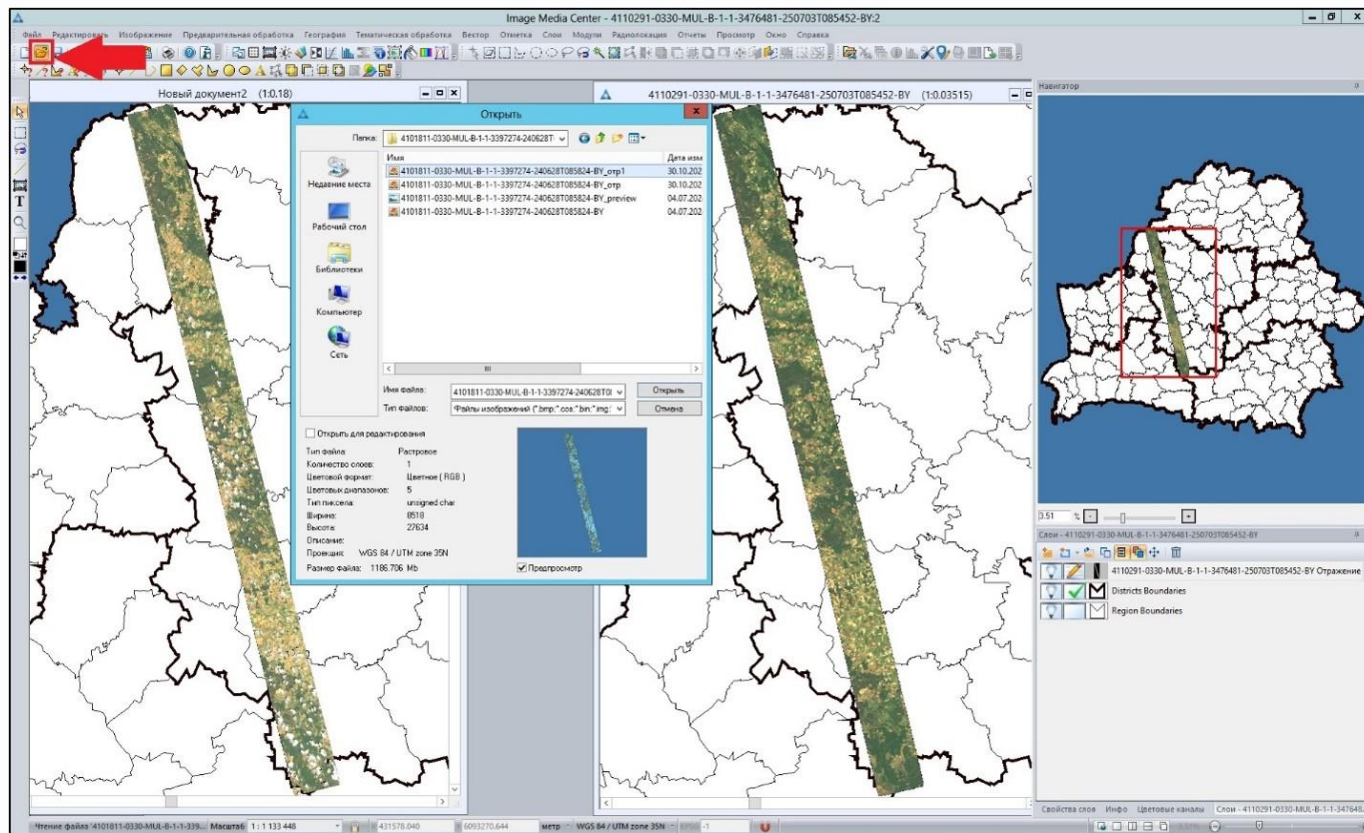
Для анализа состояния лесов на основе материалов ДЗЗ БКСДЗ предлагается применять нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)), показывающий количество фотосинтетически активной биомассы

$$Dndvi = NDVI_{pre} - NDVI_{post}$$



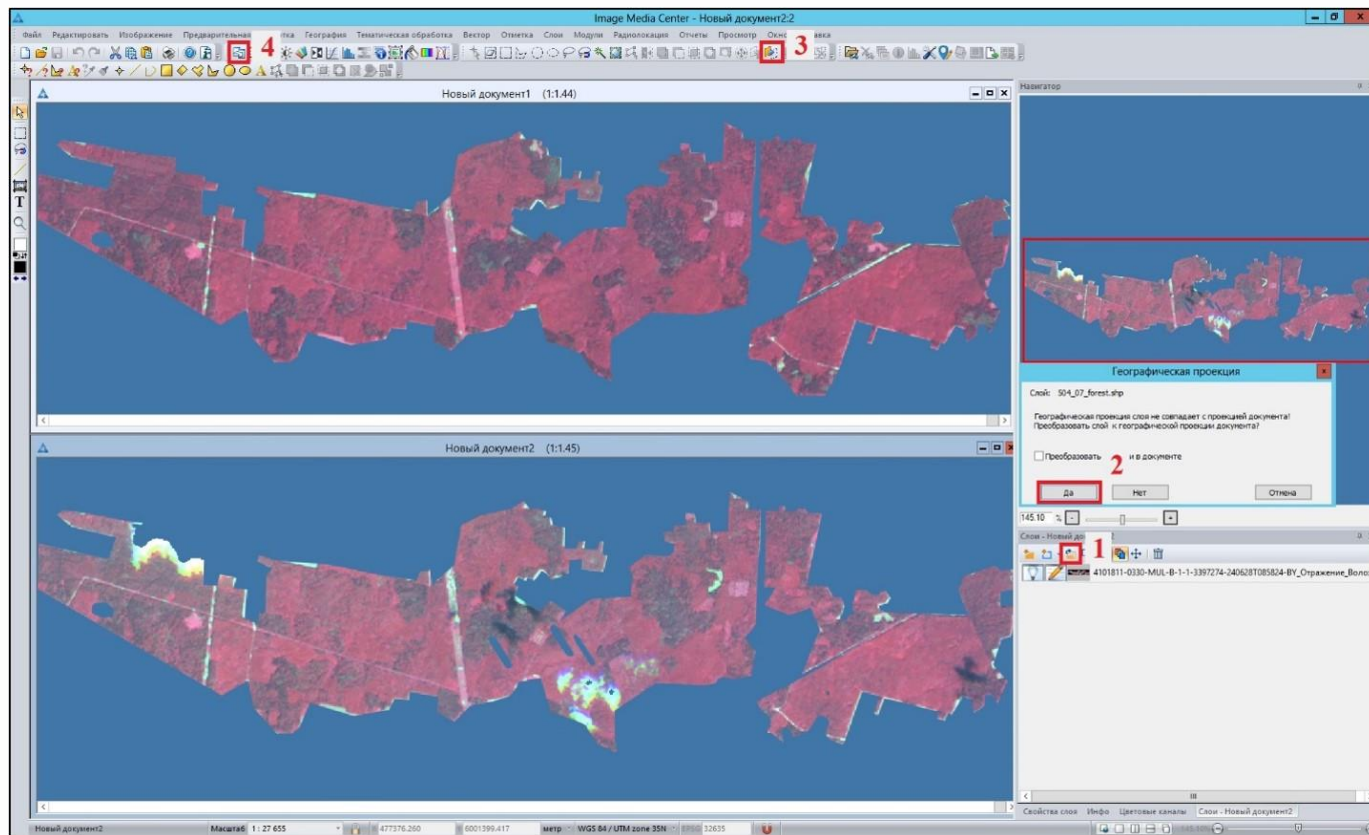
$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}}$$

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК IMS



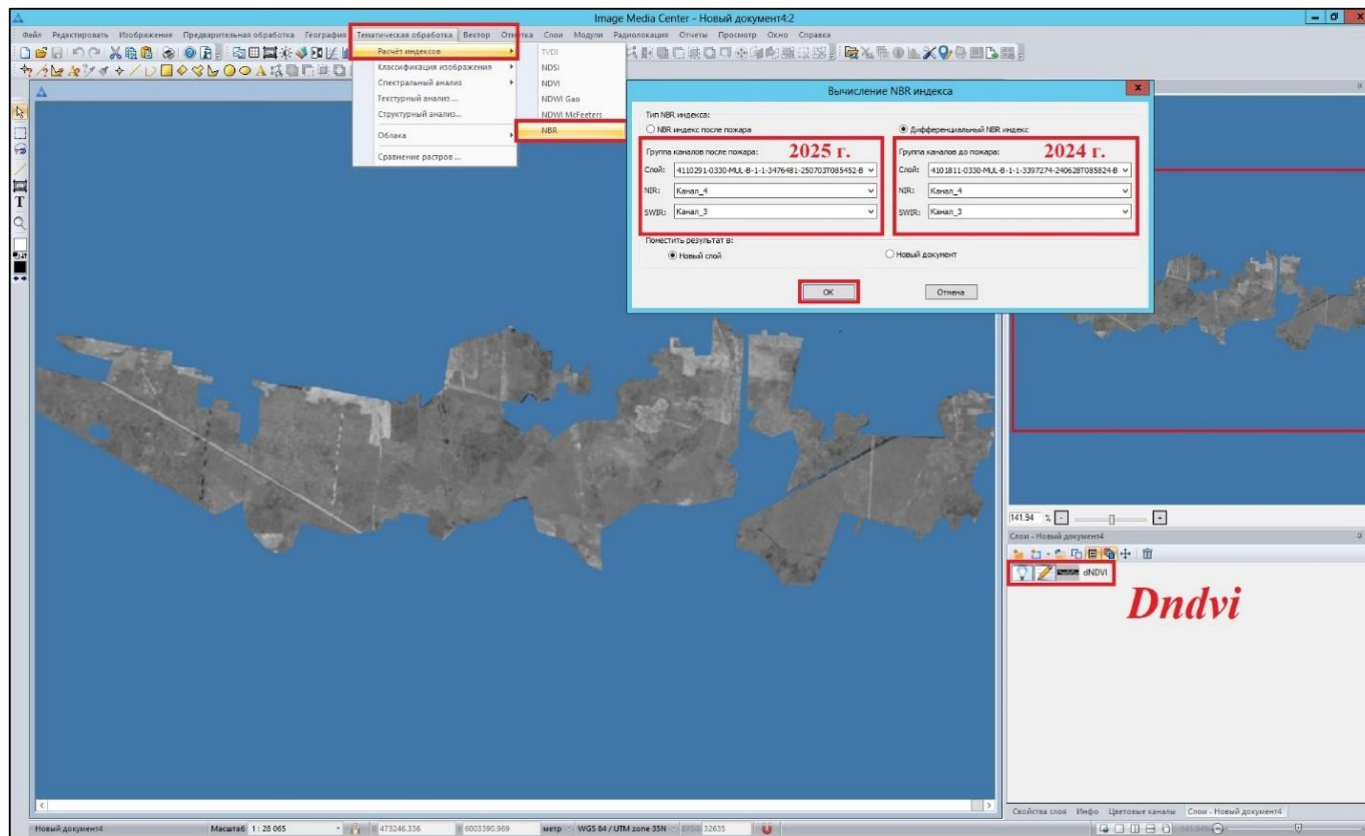
Загрузка разновременных данных КС, Минская область, съемка 03.07.2025 г. и 28.06.2024 г. Задание комбинации спектральных каналов и подстройка гистограммы

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



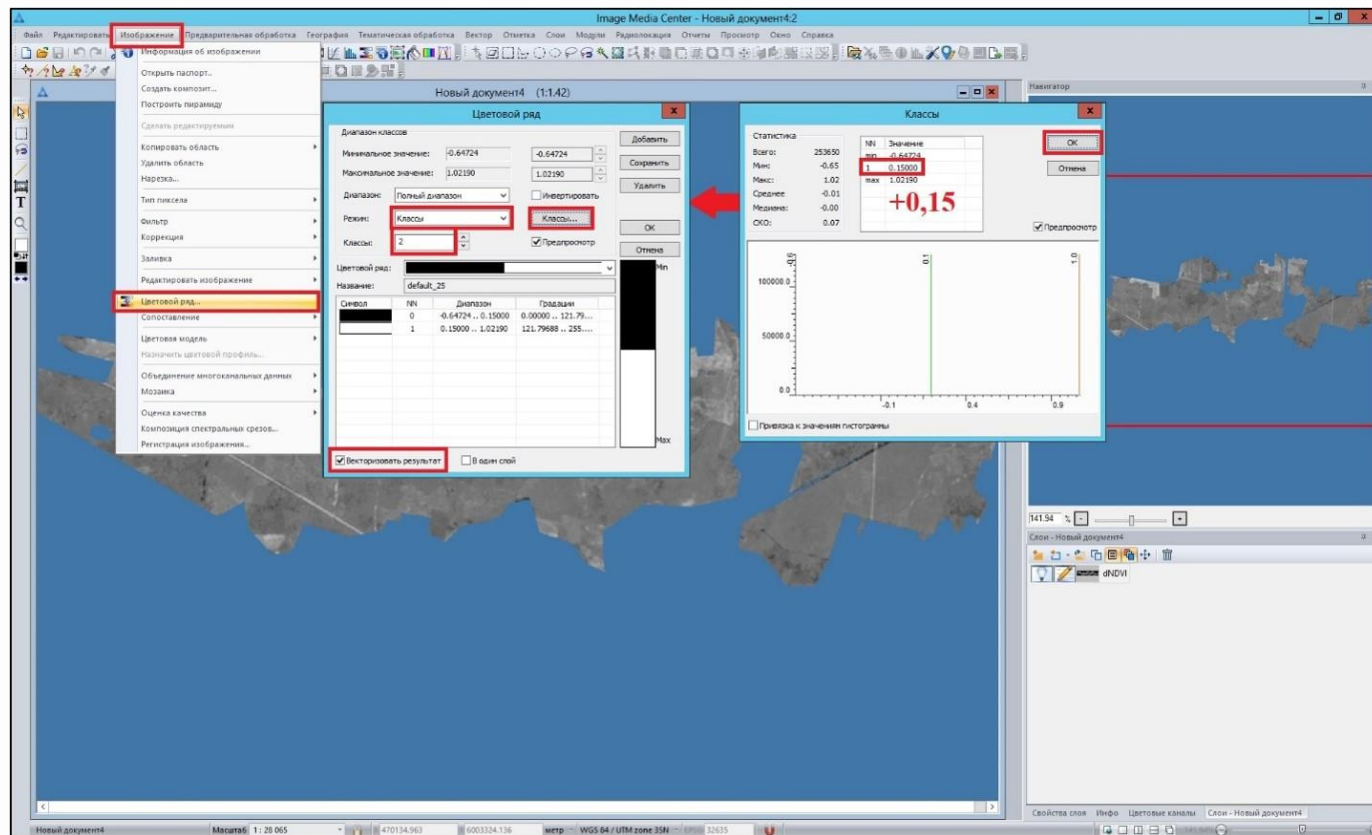
Результаты маскирования данных ДЗЗ
Комбинация спектральных каналов ближний ИК - красный - зеленый
Участок лесных насаждений Воложинского лесхоза. КС, 03.07.2025 г. и
28.06.2024 г.

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



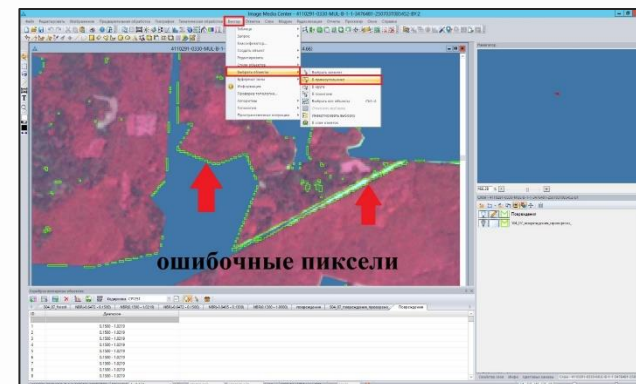
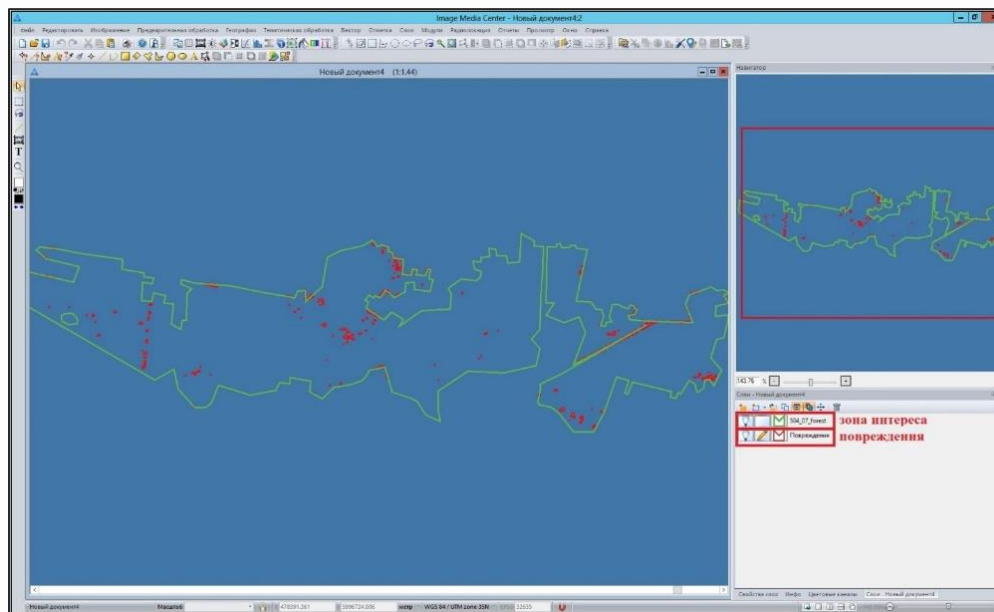
Построение растра разности *Dndvi* ($NDVI_{pre} - NDVI_{post}$) в автоматическом режиме в ПК ИМС

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



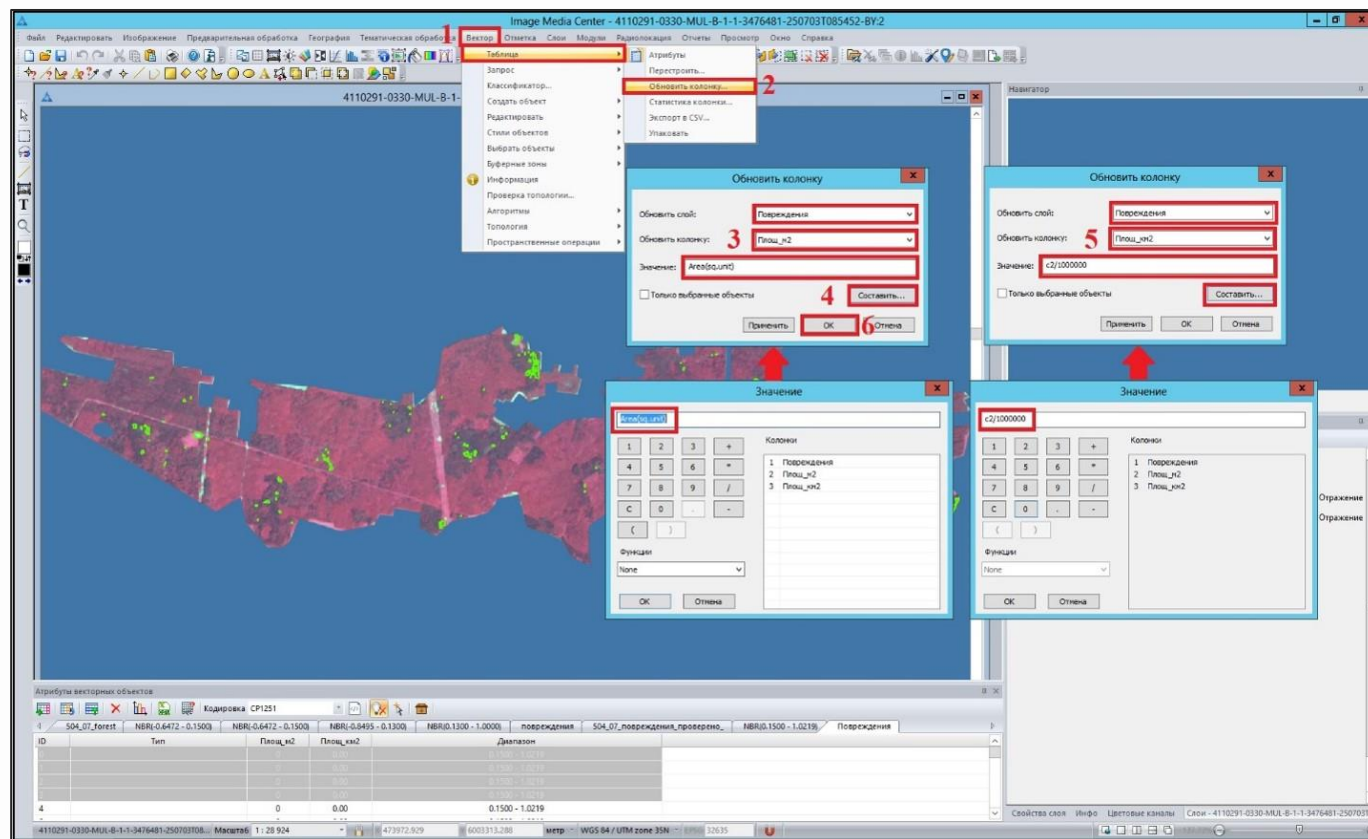
Векторизация и редактирование растра разности индексов NDVI с помощью функции «Цветовой ряд» в ПК ИМС

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



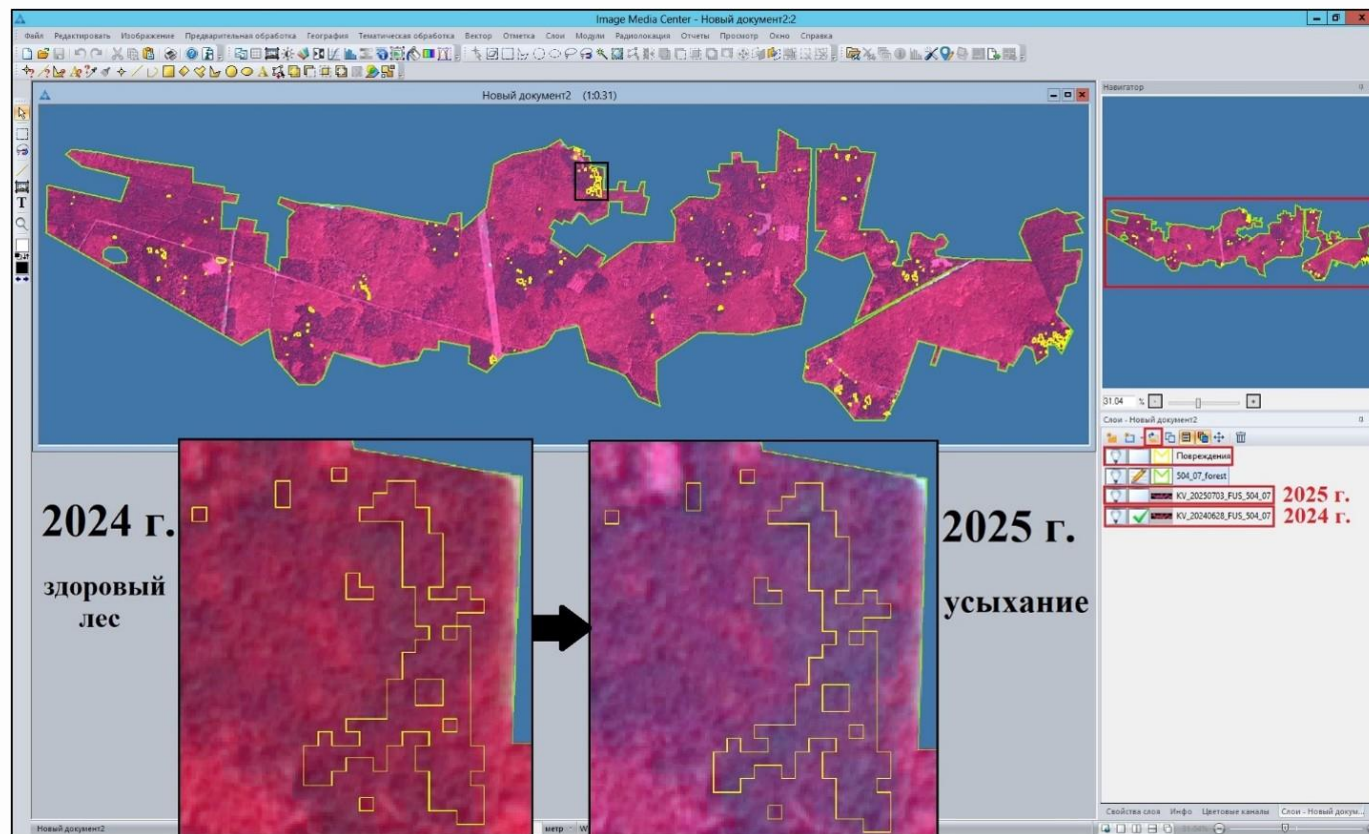
Результат векторизации растра разности индексов NDVI
Потенциально поврежденные лесные массивы (красный цвет) в границах
зоны интереса (зеленый цвет). Удаление ошибочных пикселей.

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК IMS



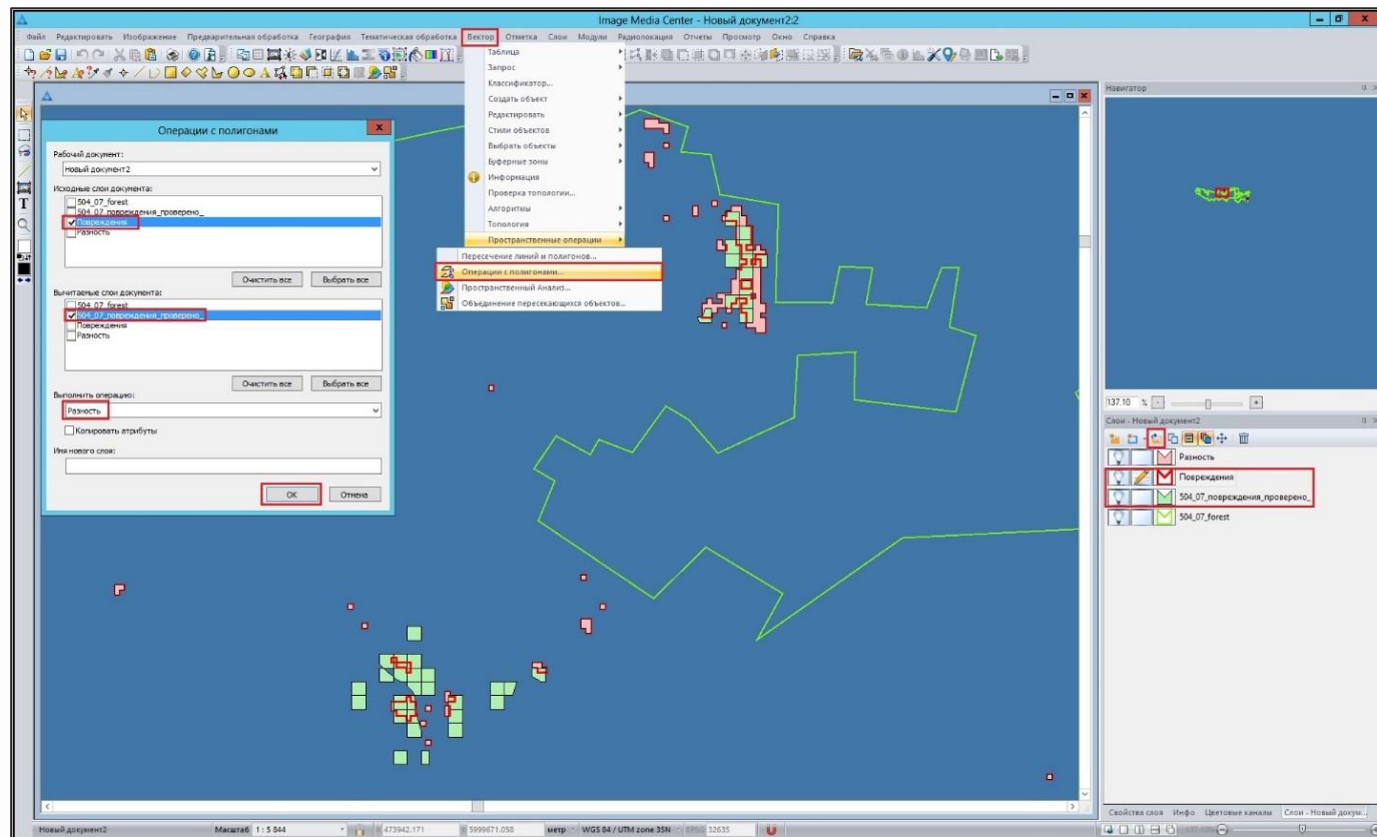
Формирование таблицы атрибутов, добавление в атрибутивную таблицу значений площади поврежденных лесных насаждений и формирование статистики по атрибутам векторного слоя

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



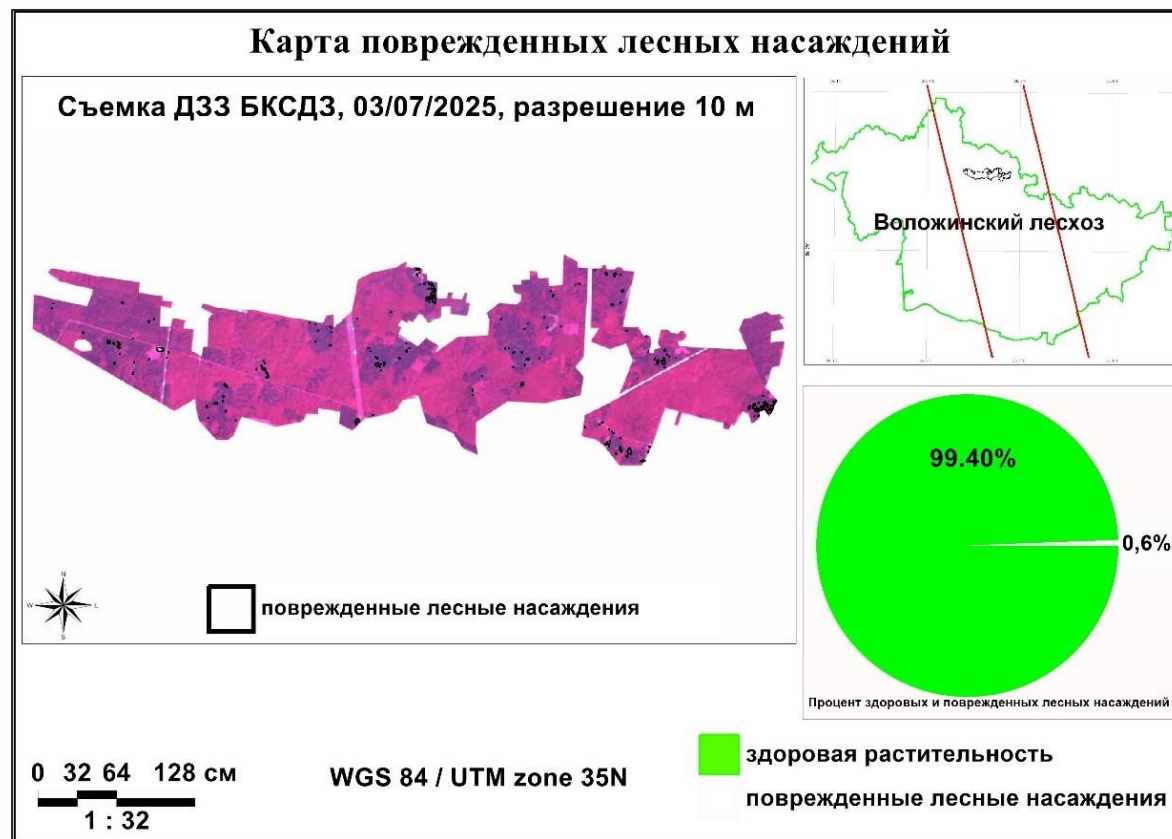
Верификация результатов по комплексированным данным ДЗЗ
(разрешение 2 м)

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС



Верификация результатов по данным полевых наблюдений

Технология автоматизированной тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ в части детектирования поврежденных лесных насаждений на основе ПК ИМС

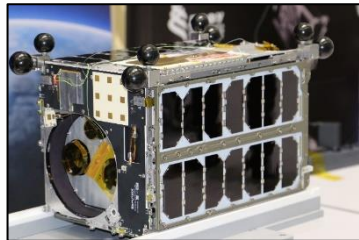


Отчет «Детектирование поврежденных лесных насаждений» выполненный
в ПК ИМС

Результаты исследовательской работы в части предварительной и тематической обработки данных ДЗЗ БКСДЗ с учетом специфики задач, решаемых Геосервисом «Состояние лесов»

ПК ИМС позволяет:

1. Осуществлять предварительную обработку данных ДЗЗ БКСДЗ, начиная с уровня исходного потока данных.
2. Загружать цветосинтезированные космические снимки с БКА или КА типа Канопус-В и осуществлять цветовую коррекцию цвета.
3. Рассчитывать вегетационные индексы и разности индексов в автоматизированном режиме на основе КС с БКА или КА типа Канопус-В, в границах, анализируемых лесных насаждений.
4. Векторизовать и редактировать растр разницы индексов с использованием порогового метода с формированием атрибутивной таблицы, содержащей информацию о площади поврежденных лесных насаждений.
5. Верифицировать и редактировать, полученные векторные данные о поврежденных лесных насаждениях.
6. Формировать отчет о местах потенциальных повреждениях лесных насаждений.



***Уважаемые коллеги,
спасибо за внимание!***



Наш адрес:

УП «Геоинформационные системы»

ул. Сурганова, д.6

220012 г. Минск, Республика Беларусь

тел.: +375 (17) 272-13-64

www.gis.by

E-mail: gis@gis.by