ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Архитектурная модернизация региональной ГИС мониторинга сельскохозяйственных земель юга Дальнего Востока

Данные ДЗЗ, векторные тайлы и аналитика вегетационных индексов

Илларионова Л.В.[1], Степанов А.С.[2], Кайков Д.А.[3], Заварыкина Т.Д.[3], Елисеев В.А.[4]

[1]Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск

[2]Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Хабаровск

[3]НИТУ МИСИС, г. Москва

[4]Национальный исследовательский университет, Высшая школа экономики, Москва, РФ

Конференция ИКИ РАН, Москва, 2026

Задача: мониторинг полей по данным ДЗЗ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Точное земледелие

является государственным приоритетом и невозможно без широкого использования данных ДЗЗ.

Региональная ГИС

обеспечивает хранение, обработку, визуализацию и анализ данных ДЗЗ для мониторинга

Sentinel-2

Landsat 8/9



«Метеор-М»

Расчёт NDVI

Попиксельные значения вегетационного индекса. Пространственное разрешение: 10–60 м

Сопоставление с полями

Определение принадлежности пикселей полям. Сохранение временных рядов NDVI в БД.

Визуализация в веб-ГИС

Отображение пространственных данных и динамики показателей через веб-интерфейс

Интерактивная карта и управление данными

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Поля 2025 года, цвет — культура; справа круговая диаграмма распределения количества и площади по культурам

Слои: разные типы данных вместе



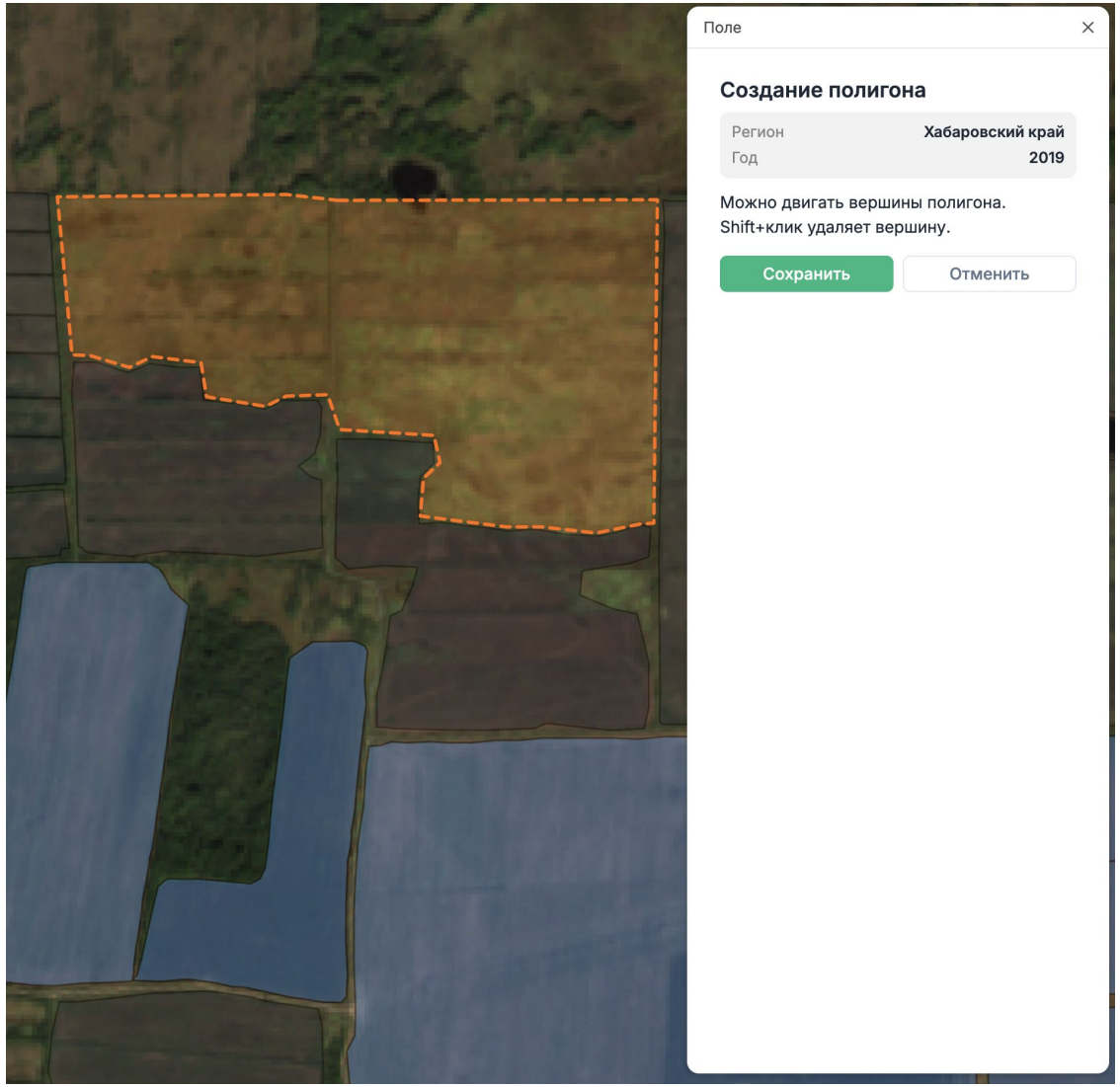
Векторные: поля, Shapefile
Растровые: снимки, NDVI

Возможности

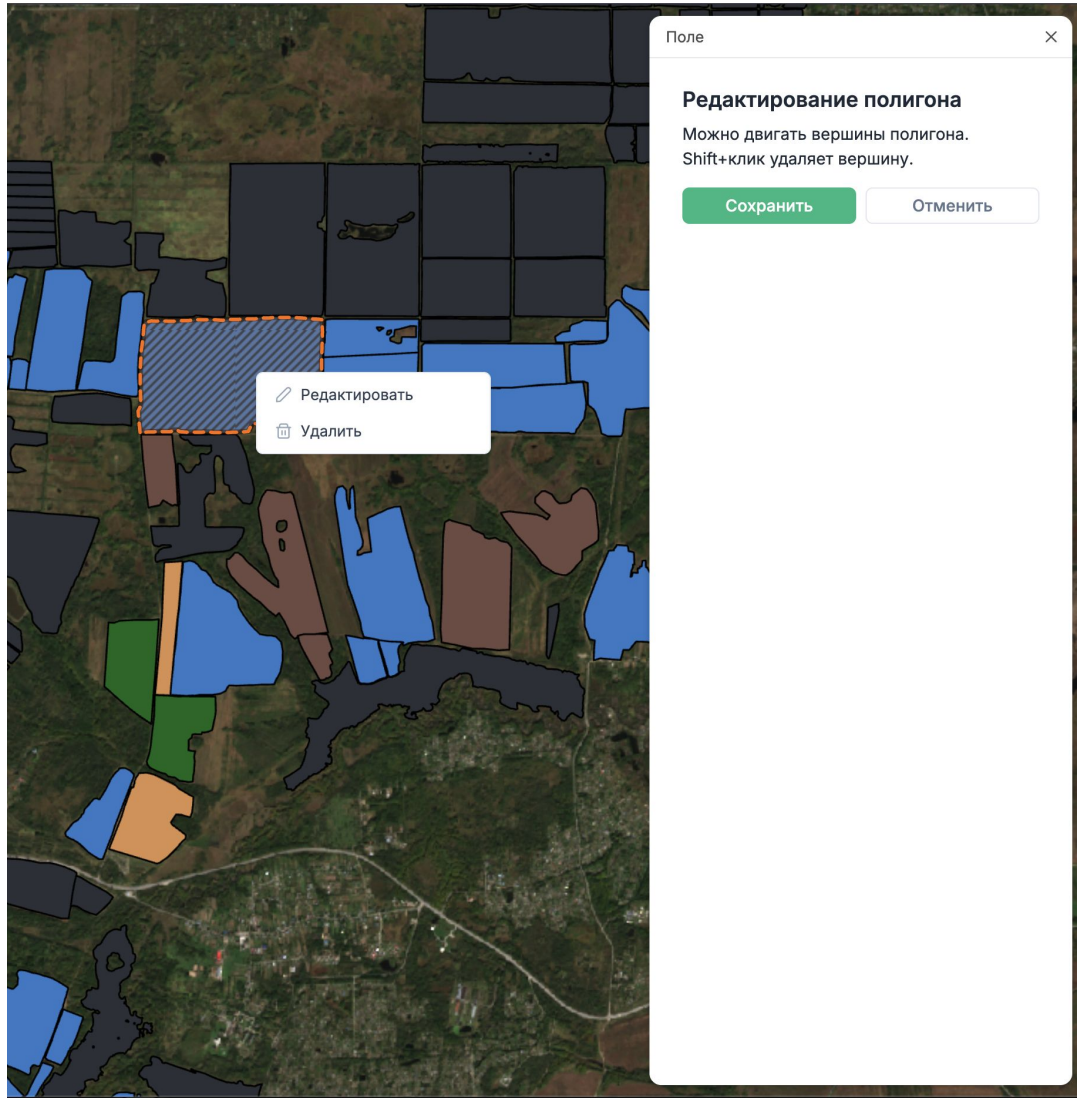
- Поля по регионам и годам наблюдений
- Карточка поля: номер, культура, агрохимия
- Поиск по ID и кадастру, фильтр по культурам
- Создание полей, правка геометрии и атрибутов
- Множественное добавление слоёв, изменение видимости и порядка

Создание границ полей

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



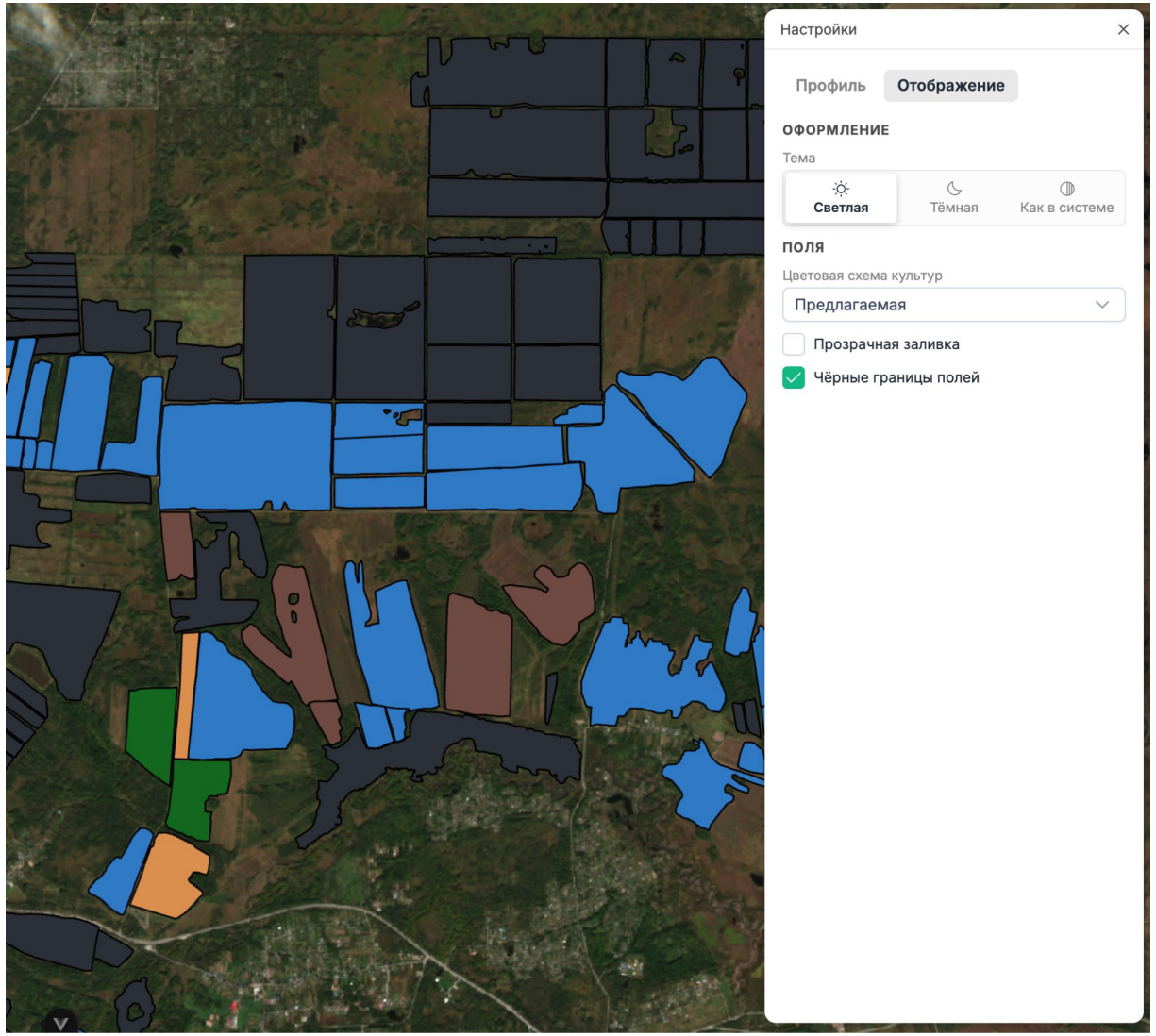
Создание границы сельскохозяйственного поля



Редактирования границы сельскохозяйственного поля

Модификация отображения данных

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



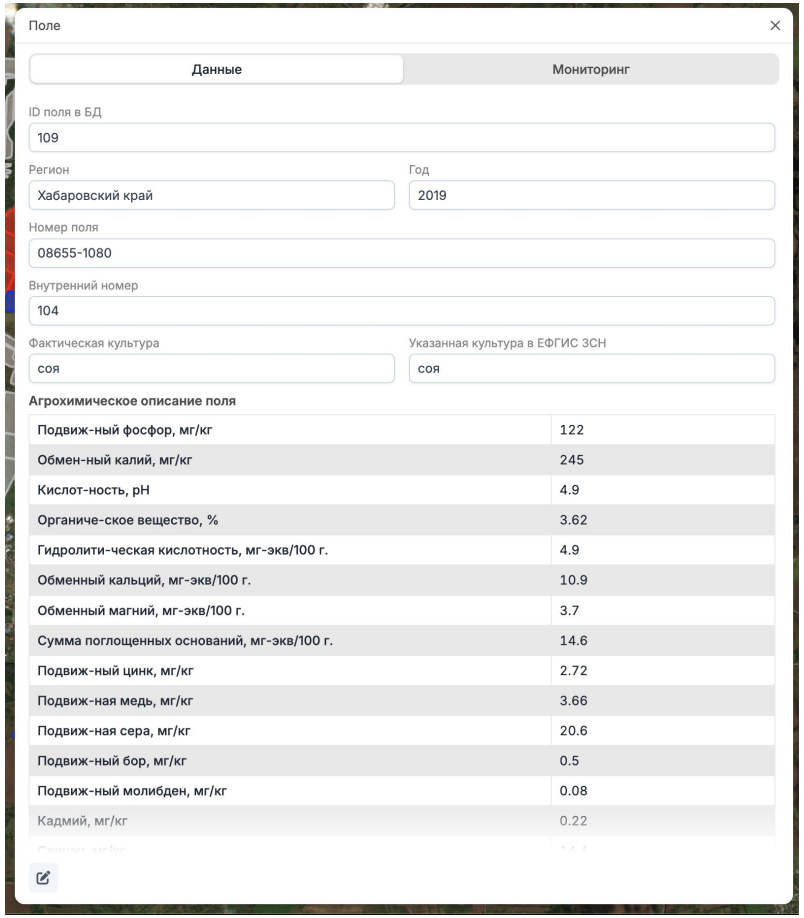


Мониторинг и аналитика

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Сезонный ход NDVI поля 08655-1080, 2022, по разрешениям и версиям



Данные о поле 08655-1080, 2019

Возможности

- Сезонный ход NDVI по полю, по разрешениям и версиям
- Отображение агрохимического анализа
- Попиксельное отображение классификации культуры поля

Загрузка спутниковых снимков

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

1 Загрузка

- Sentinel-2 (.SAFE.zip)
- Copernicus (.zip)

Поступает в файловое хранилище *S3

2 Событие

Хранилище уведомляет backend

Задание встаёт в очередь

3 Воркер

Celery проверяет архив и извлекает каналы

4 Слои

Формируются слои **COG:

- NDVI
- TCI

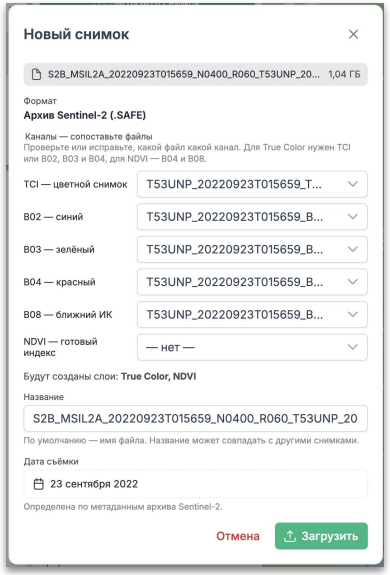
5 Публикация

COG в S3

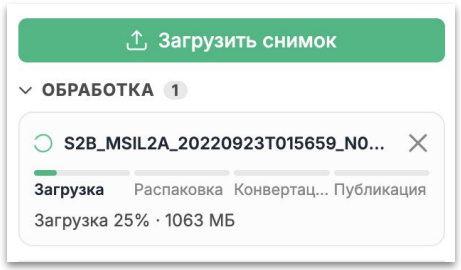
Слой публикуется в GeoServer

6 Тайлы

Слой доступен в веб-интерфейсе



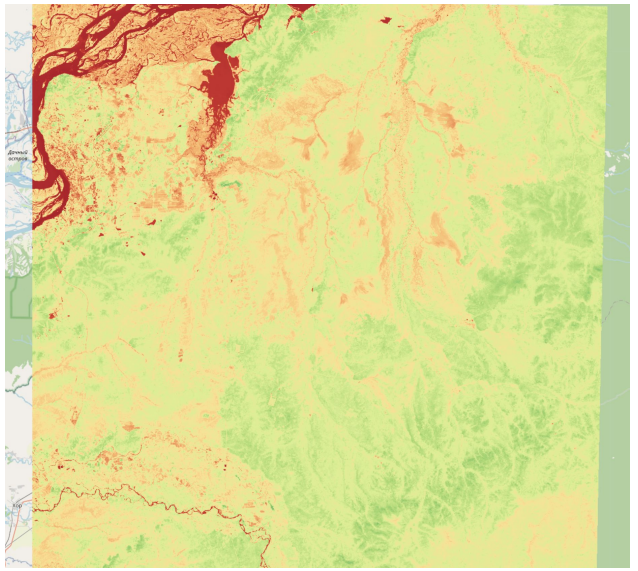
Меню сопоставления каналов из архива



Виджет прогресса добавления снимка из веб-интерфейса



Результат: TCI-слой снимка T53UNP (23.09.2022)



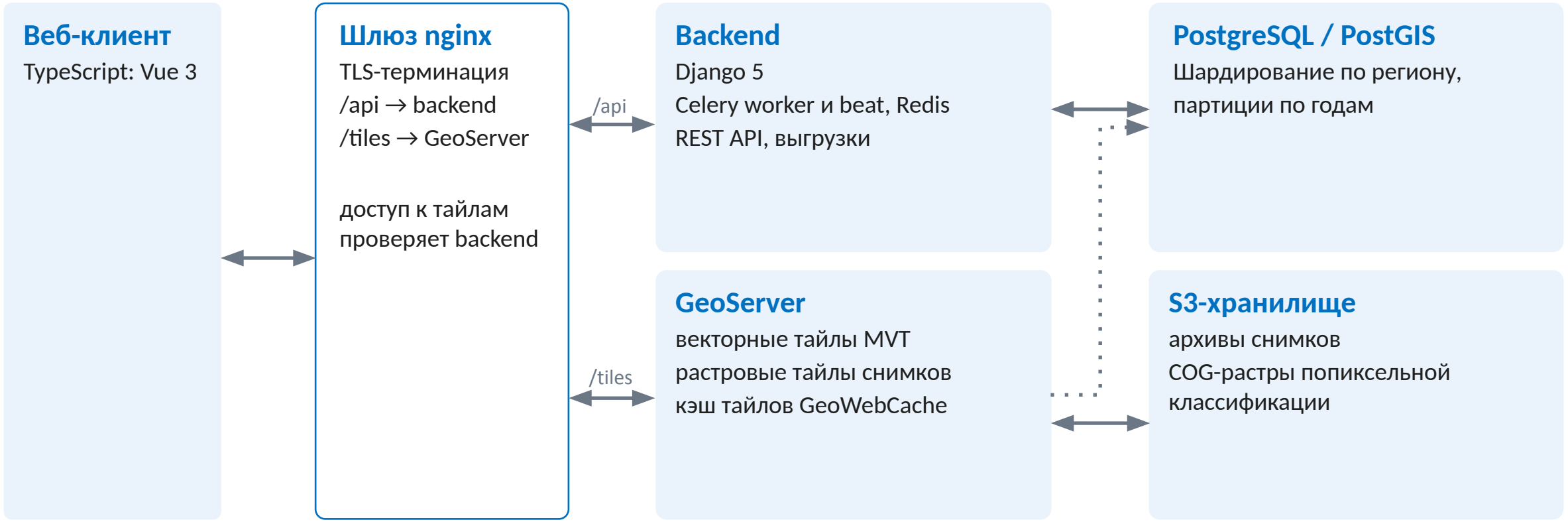
Результат: NDVI-слой снимка T53UNP (23.09.2022)

**COG (Cloud Optimized GeoTIFF) — это геопространственный растровый формат GeoTIFF, оптимизированный для работы через интернет.

*S3 (Simple Storage Service) — это объектное хранилище файлов, изначально разработанное Amazon (AWS).

Архитектура региональной ГИС

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Мониторинг

Prometheus — метрики

Grafana — дашборды

Loki — журналы

Docker Compose

Масштаб данных

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

В базе данных

17 тыс.

записей о полях
«поле × сезон»

19,4 млн

пиксельных рядов
временных рядов NDVI

Для Хабаровского края

6 106

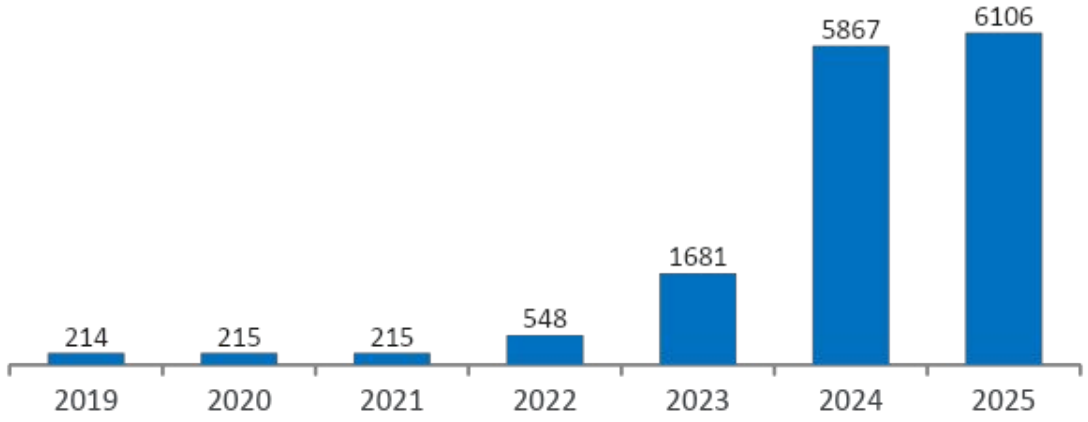
полей
сезон 2025

4,5 млн

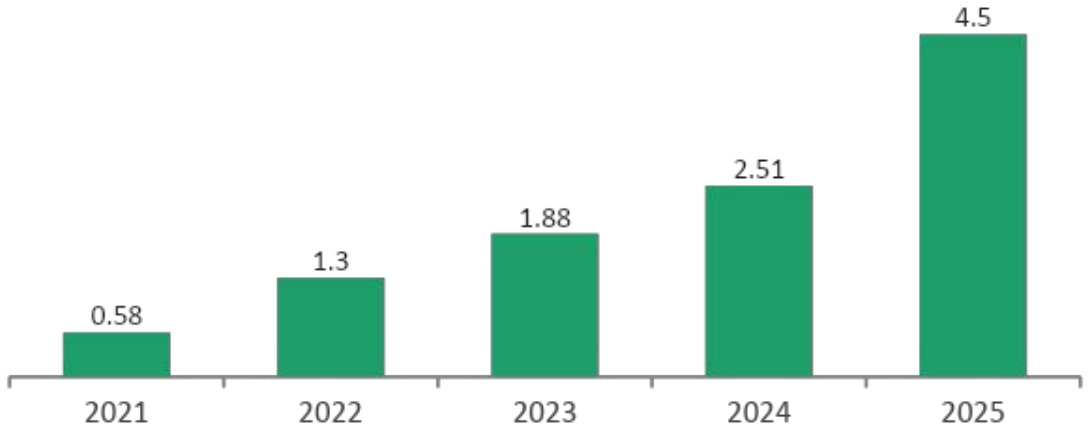
рядов NDVI
Пиксельных 2025

5 регионов юга Дальнего Востока: Хабаровский и Приморский края, Амурская и Сахалинская области, ЕАО.

Границы сельскохозяйственных Хабаровского края



Временные ряды NDVI для Хабаровского края (млн)



Переход к партиционированию данных

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Было: отдельная схема на каждый год



- Одни и те же таблицы копируются в каждую схему
- Запрос за несколько лет - UNION по схемам
- Новый год - новая схема и перенос структуры

Стало: одна таблица, партиции по годам



- Одна структура таблицы на все годы
- Запрос за любой период к одной таблице
- Новый год - новая партиция

*Партиционирование — это разделение одной логической таблицы на несколько физических таблиц (партиций) по заданным правилам.

Отображение точек

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

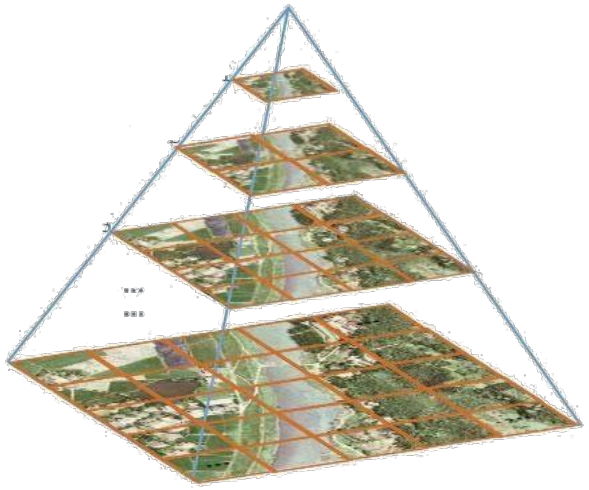
1 Выгрузка из PostgreSQL
все точки набора одним потоком

2 Сборка COG
растр с пирамидой обзоров, в обзорах мода культуры

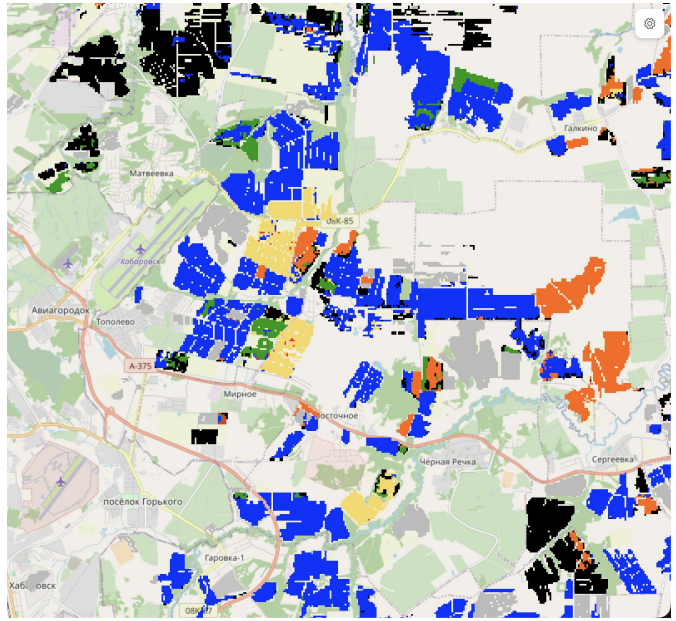
3 Публикация
COG кладётся в S3, GeoServer получает ссылку на файл

4 Range-запрос к S3
GeoServer читает только нужный уровень и окно файла

5 Тайлы PNG z5–16
цвет культуры задаётся стилем, тайлы кэшируются



Пирамида обзоров COG: свой уровень на каждый масштаб карты



Попиксельная классификация сельскохозяйственных культур за 2025 год

MVT-тайлы вместо передачи всех геометрий

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Было: геометрии сезона целиком

PostGIS отдаёт все поля сезона в формате WKB

↓

Весь объём передаётся клиенту

↓

Браузер декодирует и отрисовывает все объекты

≈35 fps

Стало: векторные тайлы

GeoServer формирует MVT из PostGIS

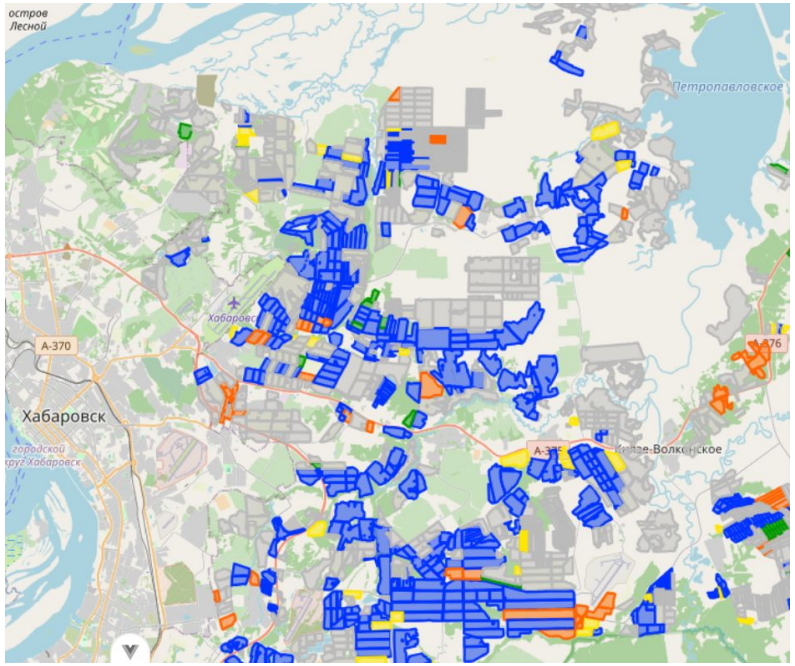
↓

Упрощение геометрии по уровням масштаба, кэширование

↓

Браузер получает только тайлы текущего вида карты

≈59 fps



Слой полей 2025 в MVT, окрестности Хабаровска

Эксплуатация: метрики и наблюдаемость

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

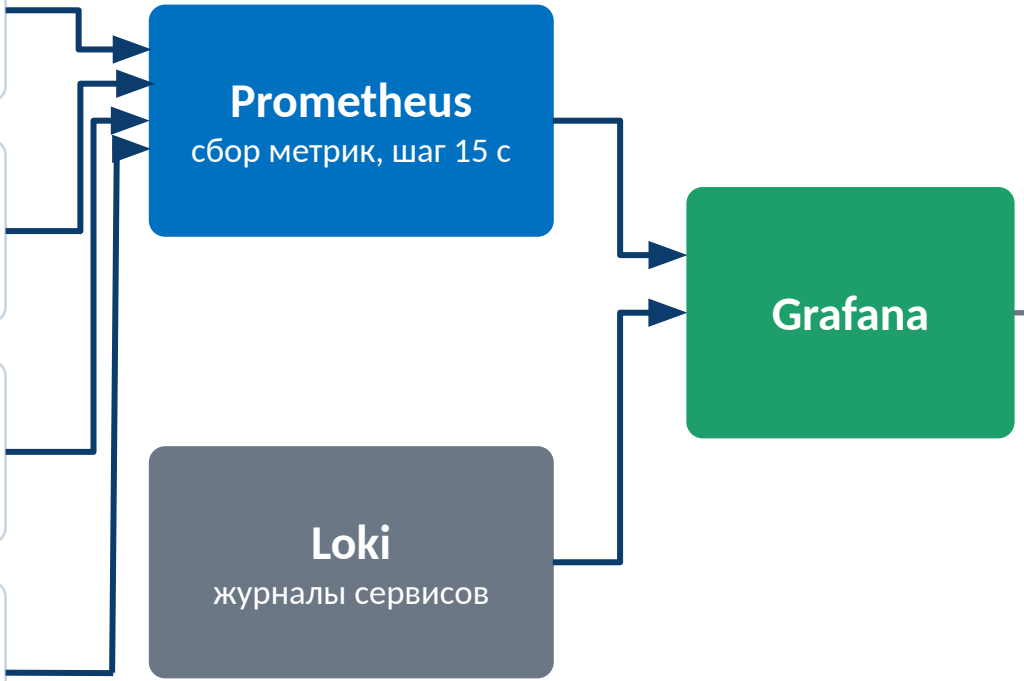
Источники

Django backend
/metrics: запросы, статусы, задержки

GeoServer
JMX-экспортер: JVM, запросы

Проверки доступности
WMS и WMTS GetCapabilities

Контейнеры и хост
cAdvisor, node-exporter



Дашборды

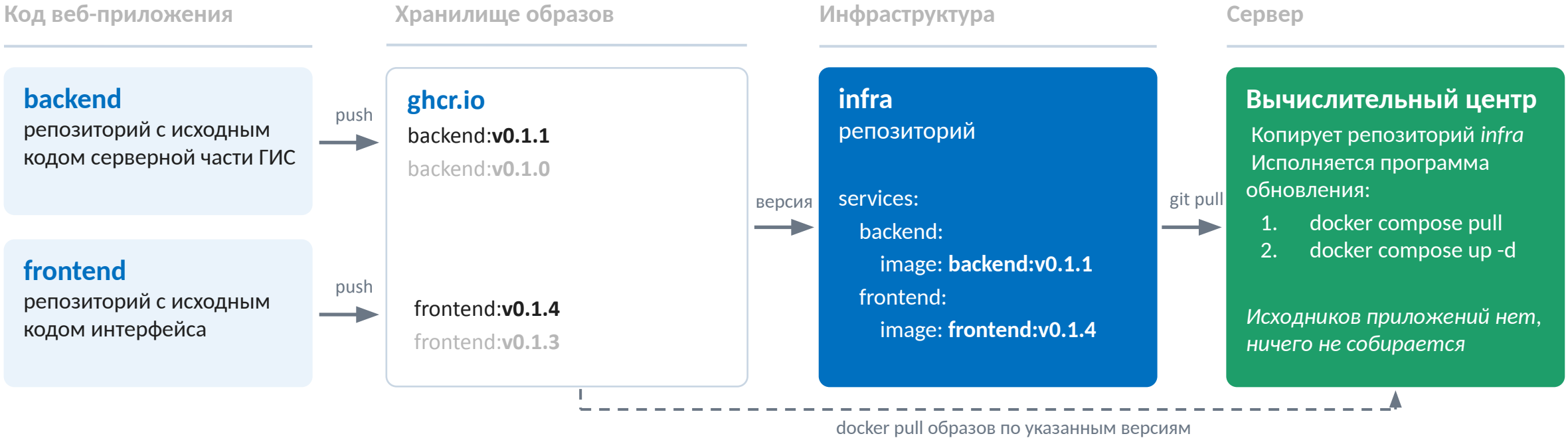
Django
запросы, задержки p50/p95/p99, 5xx, обращения к БД

GeoServer
JVM, запросы/с, доступность WMS и WMTS

Сервер
CPU, память, диск, сеть контейнеров и хоста

Организация хранения кода

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Путь обновлений

1 Сборка
образ собирается и тестируется один раз — в CI репозитория кода

2 Публикация
образ попадает в реестр *ghcr.io* под неизменяемым тегом

3 Обновление
infra указывает версию
На сервер скачивается указанный образ

Интеллектуальный ассистент

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Проектируем

1 Инструментарий

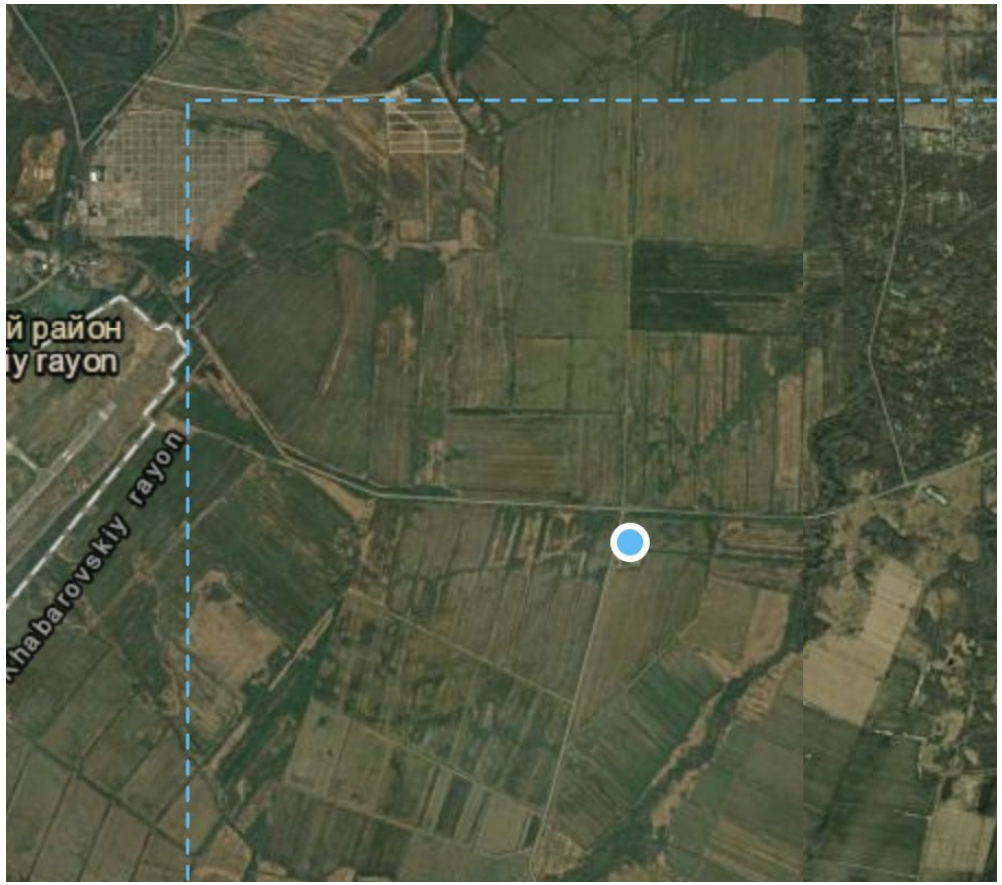
какие инструменты и данные нужны, чтобы агент мог проводить аналитику

2 Безопасность

как обезопасить и изолировать работу агента: только чтение, права пользователя, контейнер без доступа к системе

Сегментация полей

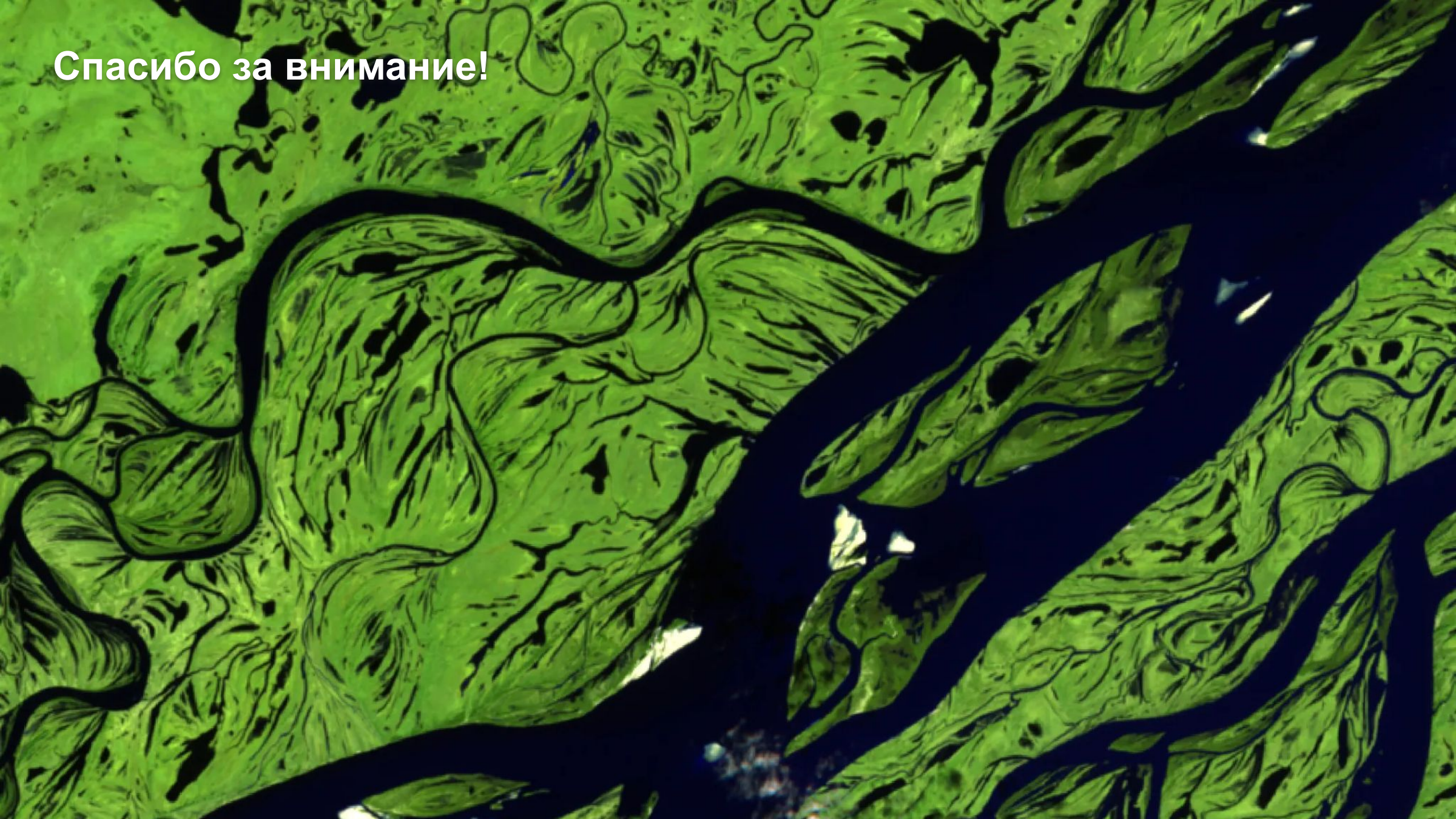
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Выбор области для сегментации полей



Сегментированные поля; Фильтр контрастного NDVI


Спасибо за внимание!