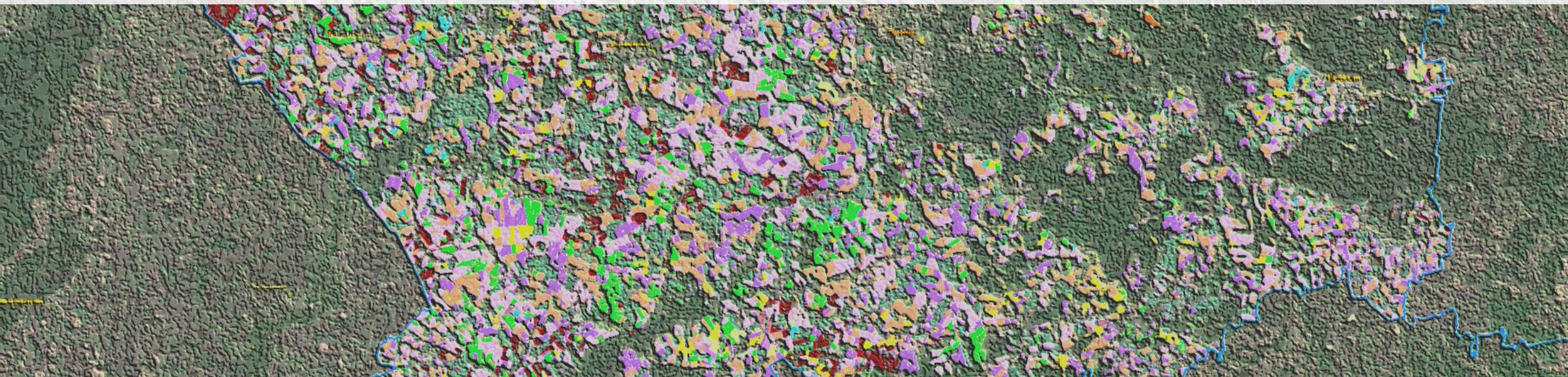


Современные возможности и перспективы развития спутниковых технологий контроля состояния сельскохозяйственных земель и посевов

Лупян Е.А.

Институт космических исследований РАН



Совещание специалистов статистических служб стран СНГ по обмену опытом в проведении сельскохозяйственной переписи в странах СНГ
г. Минск, Республика Беларусь
30 октября 2025 г.

**Основные характеристики с/х земель и посевов,
которые могут быть получены на основе данных ДЗЗ в
интересах контроля и анализа статистической
отчетности**

Основные показатели

- Площадь с/х угодий (пашня, залежь, многолетние насаждения и др.)
- Площадь используемой пашни
- Общая посевная площадь
- Посевная площадь групп или отдельных видов с/х культур
- Урожайность
- Площадь убранных с/х культур
- Площадь земель вводимых в оборот
- Площадь с/х угодий, пострадавших от опасных природных явлений
- ...

Основные данные, доступные сегодня, для постоянного мониторинга с/х земель и посевов

Основные доступные Спутниковые данные

Terra, AQUA (MODIS) / Suomi NPP, NOAA20, NOAA21 (VIIRS)
Landsat 4,5,7,8,9 (OLI)
Sentinel-1,2 A/B (MSI)
Метеор М (KMCC)



Terra/MODIS, 250 м
Полоса съемки 2330 км



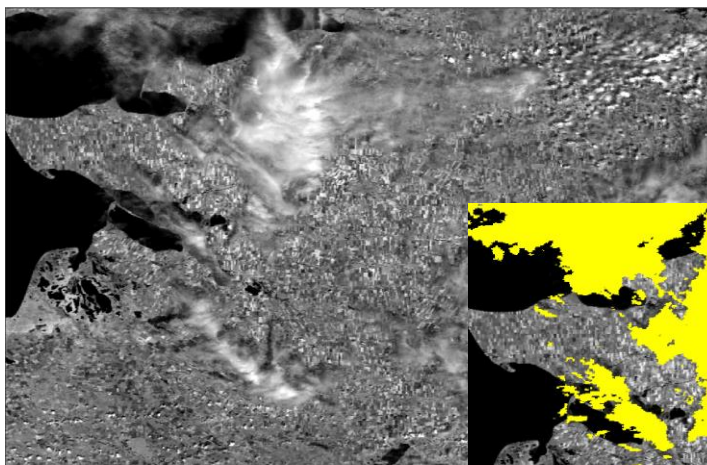
Landsat-8/OLI, 30 м
Полоса съемки 185 км



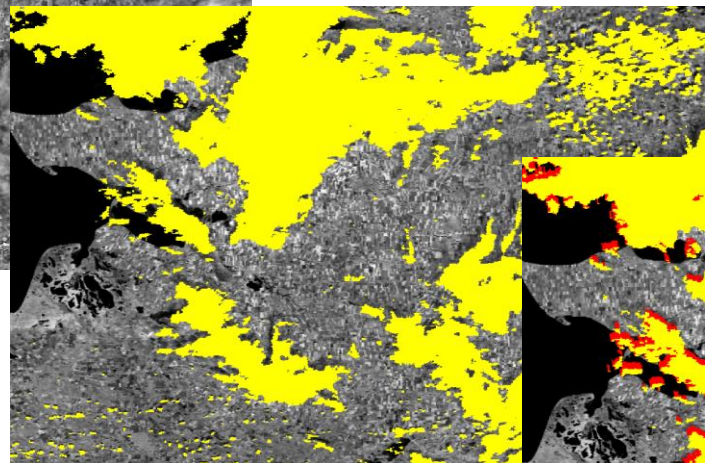
Sentinel-2/MSI, 10 м
Полоса съемки 290 км

**Базовые информационные продукты, получаемые на
основе спутниковых данных и используемые для
мониторинга с/х земель и посевов**

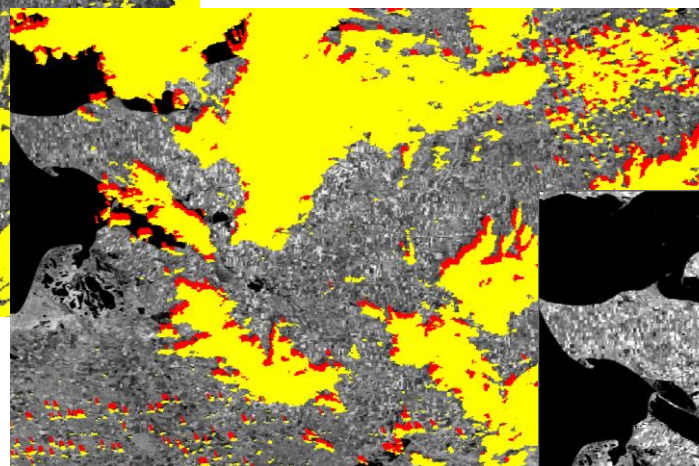
Создание композитного изображения: классический подход



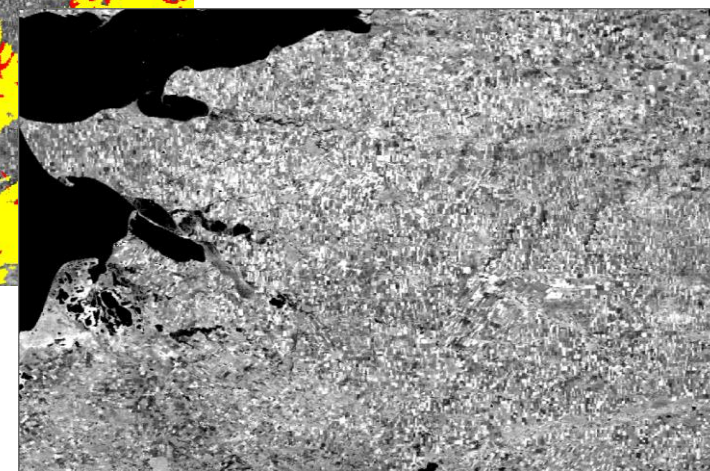
Ежедневные продукты, сцены



Детектирование облачности

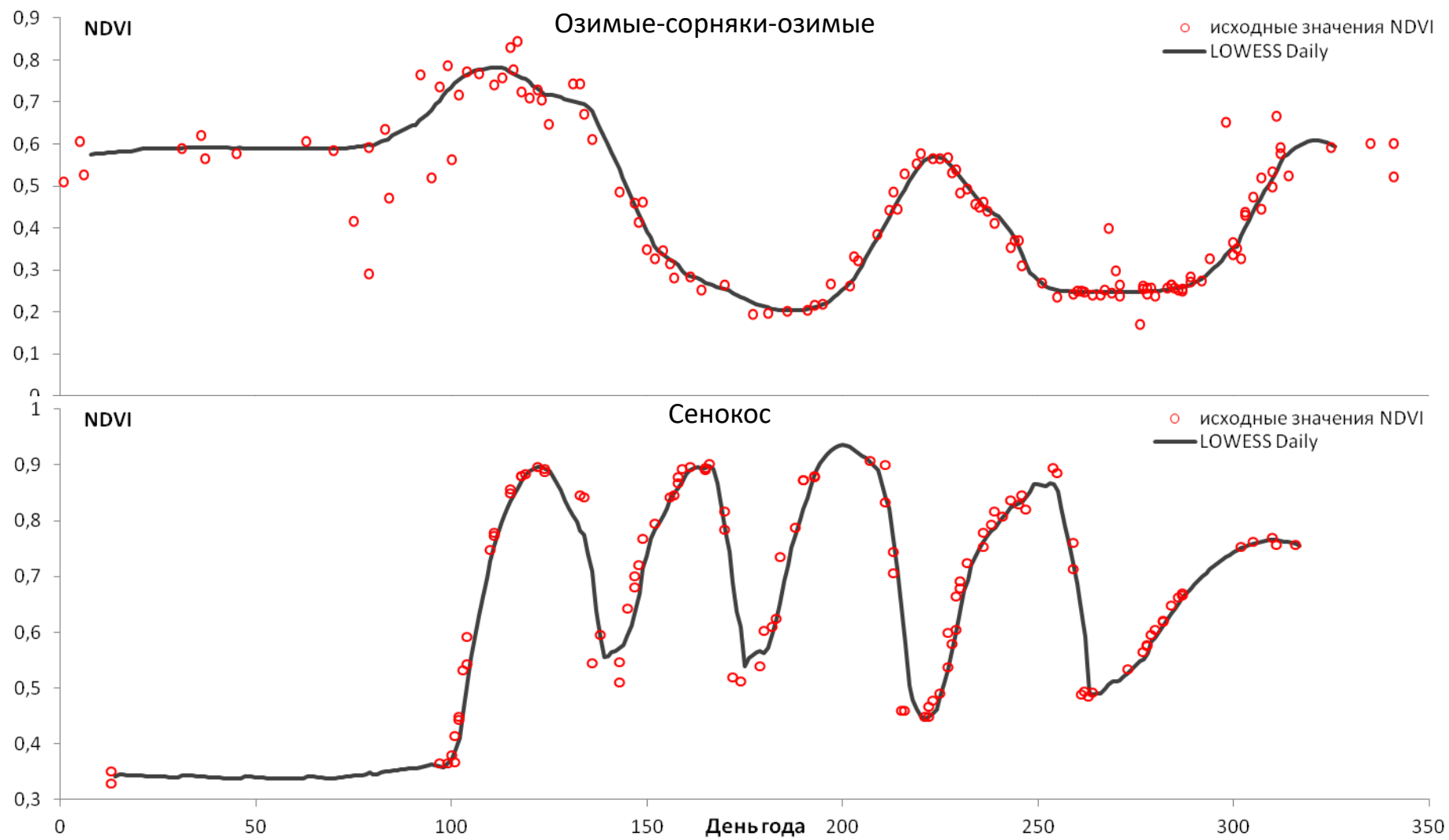


Детектирование теней

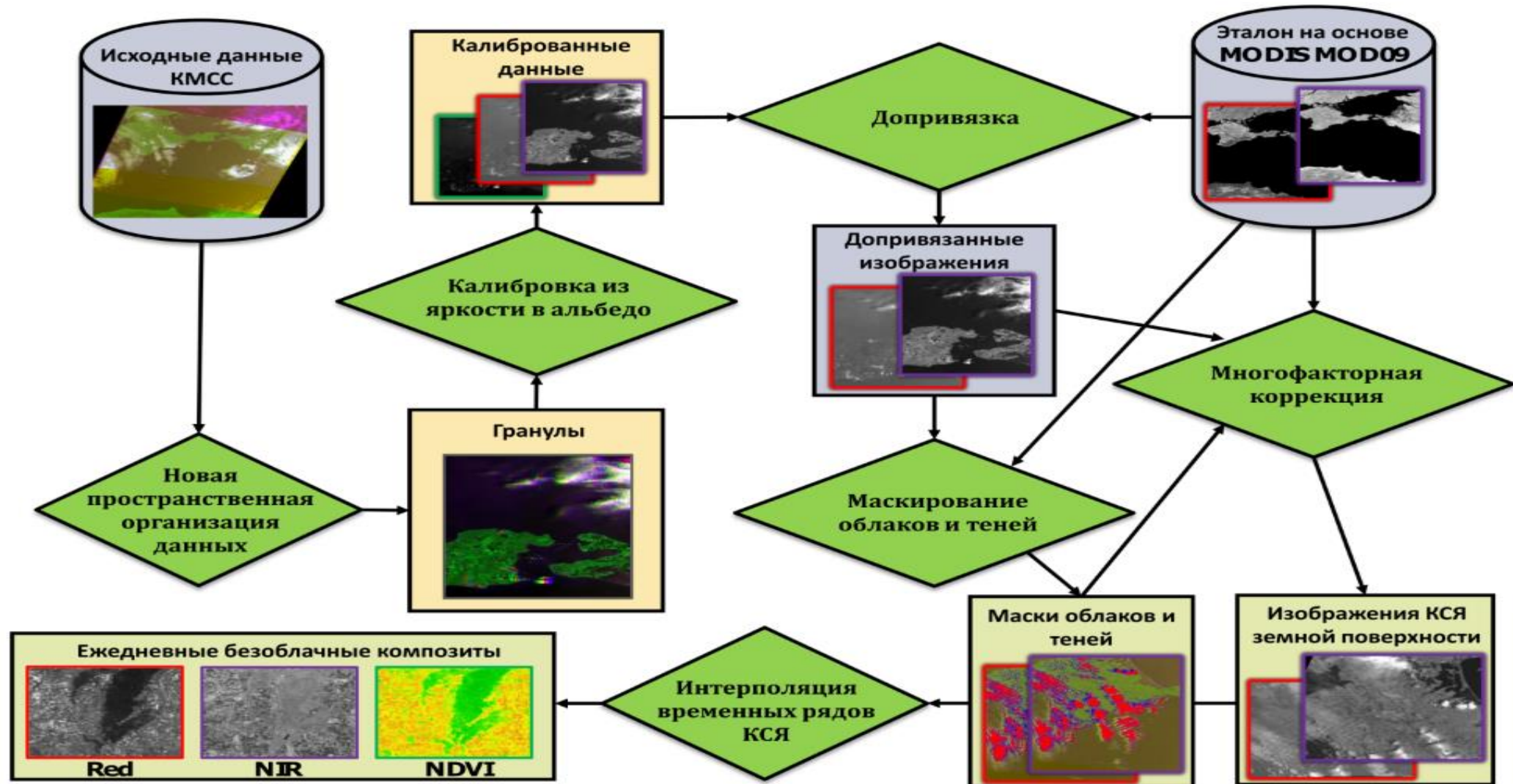


Мультивременное композирование

Методы интерполяции данных на любой временной срок

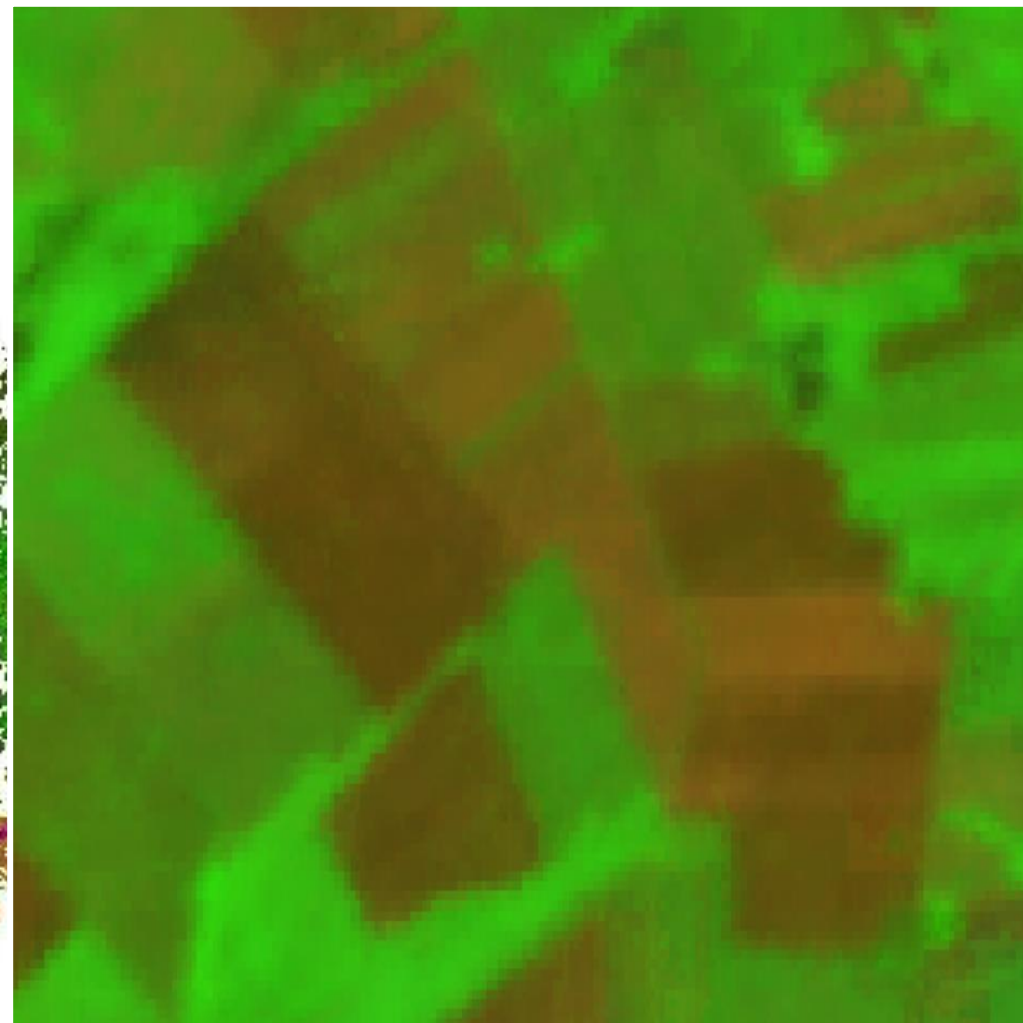
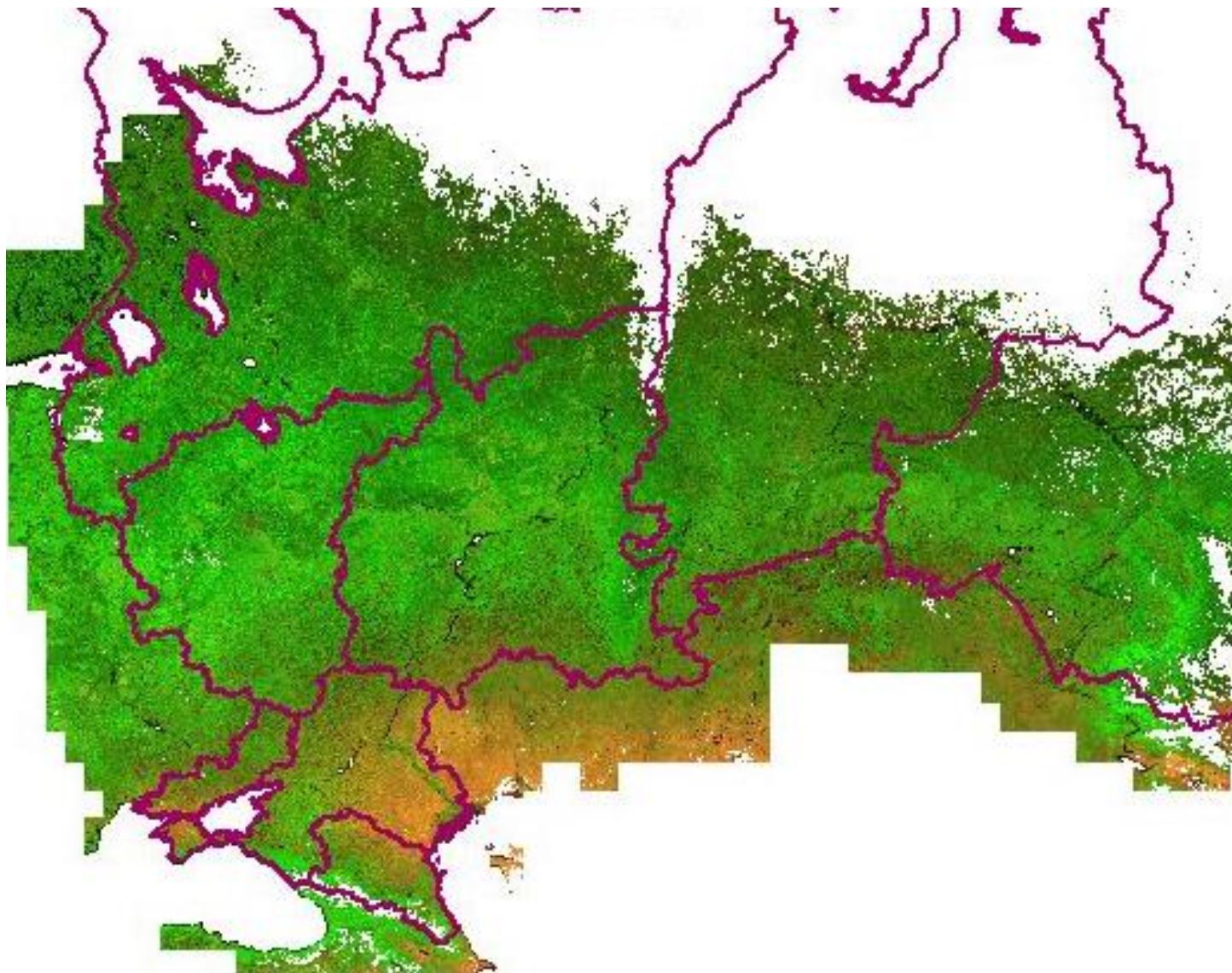


Технология автоматизированного построения ежедневных, атмосферно-скорректированных безоблачных композитов по данным КМСС

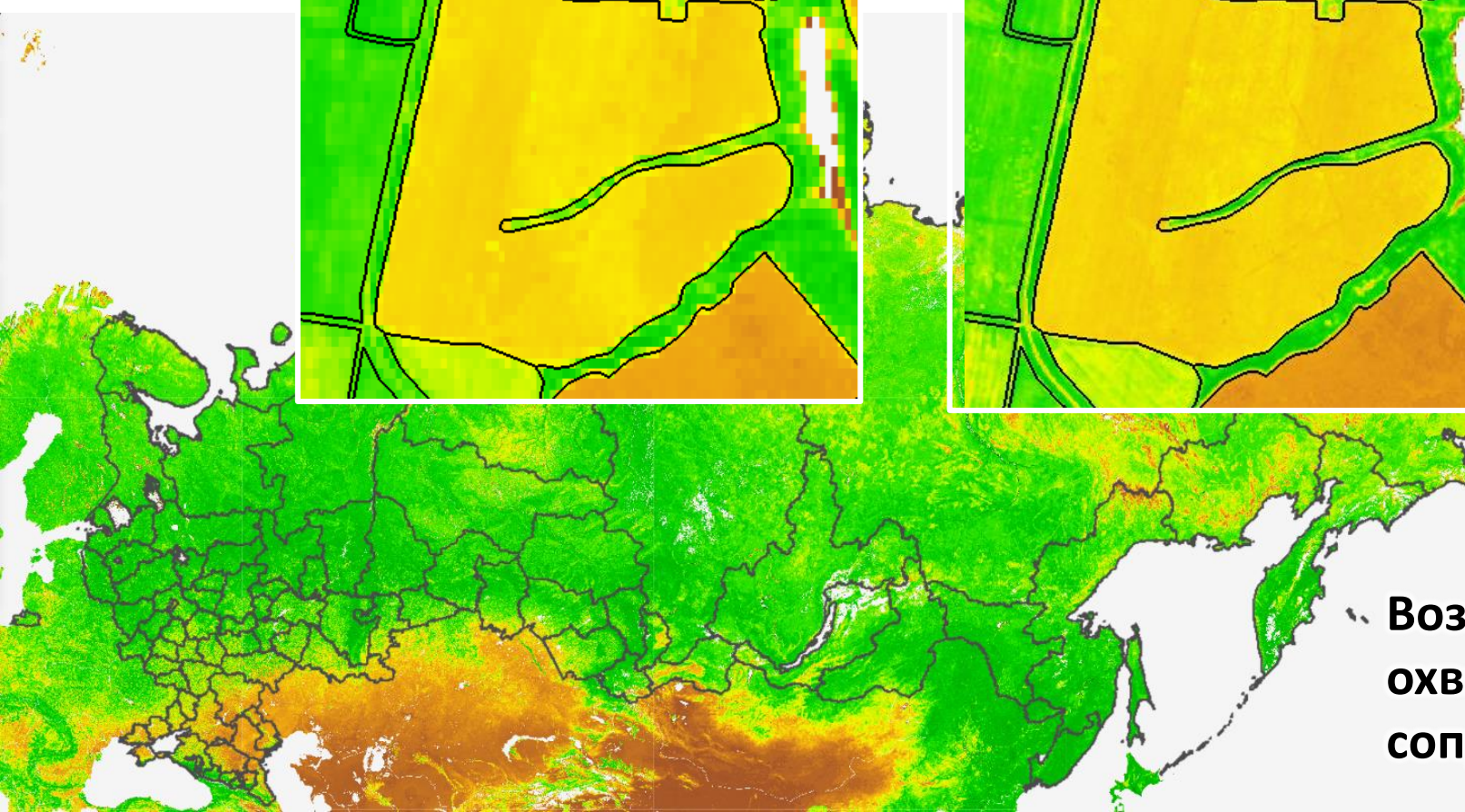
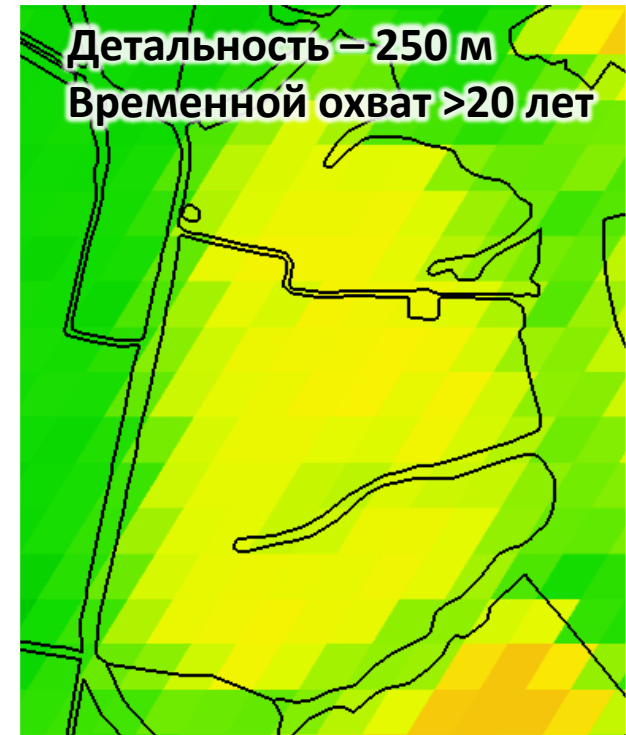


БЕЗОБЛАЧНОЕ КОМПОЗИТНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ KMSS (Метеор-М), 60 М

Периоды наблюдений: сезон, месяц, неделя, день



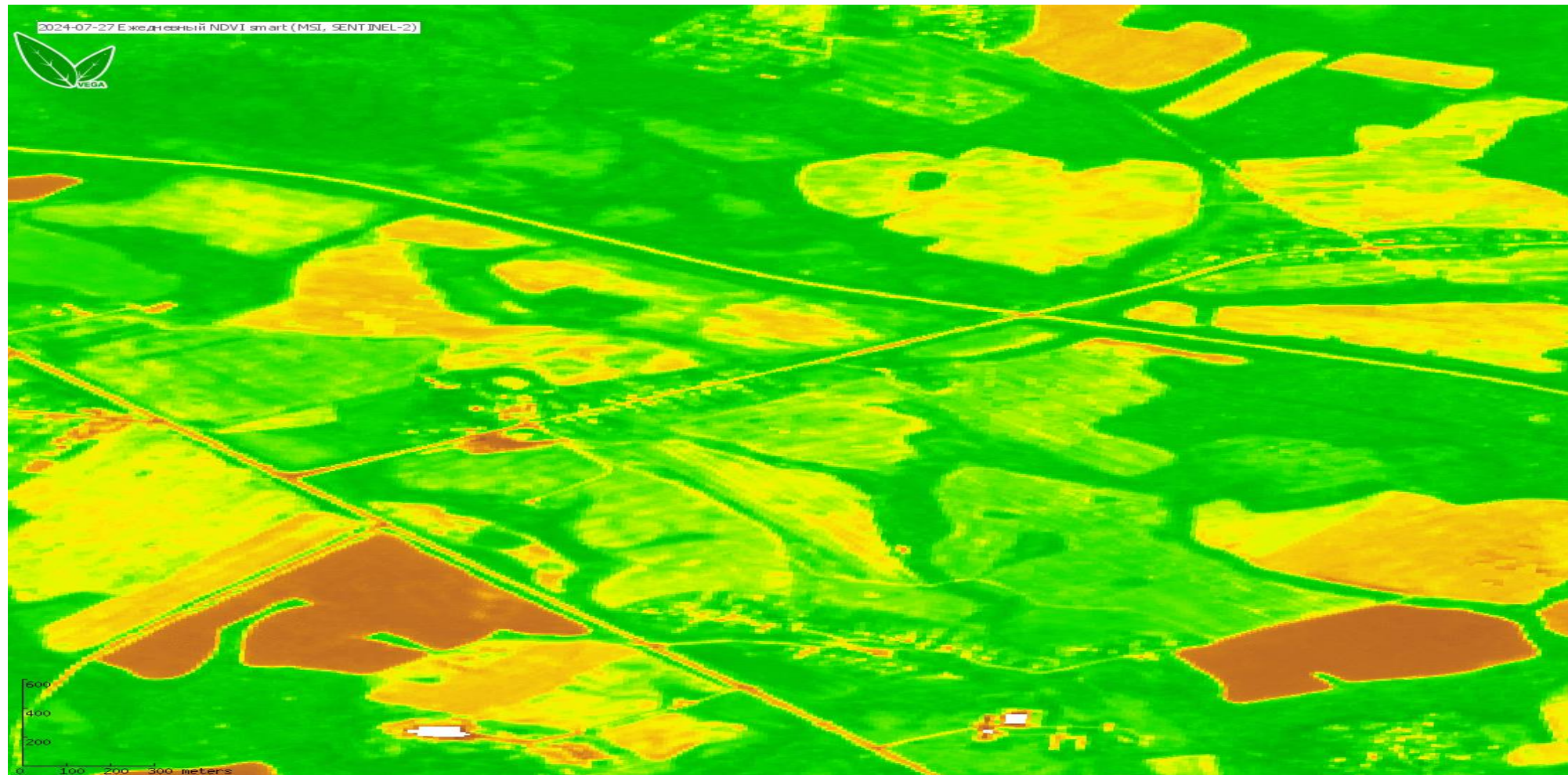
ПРИМЕРЫ ЕЖЕДНЕВНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ



Возможный пространственный охват – Российская Федерация и сопредельные государства

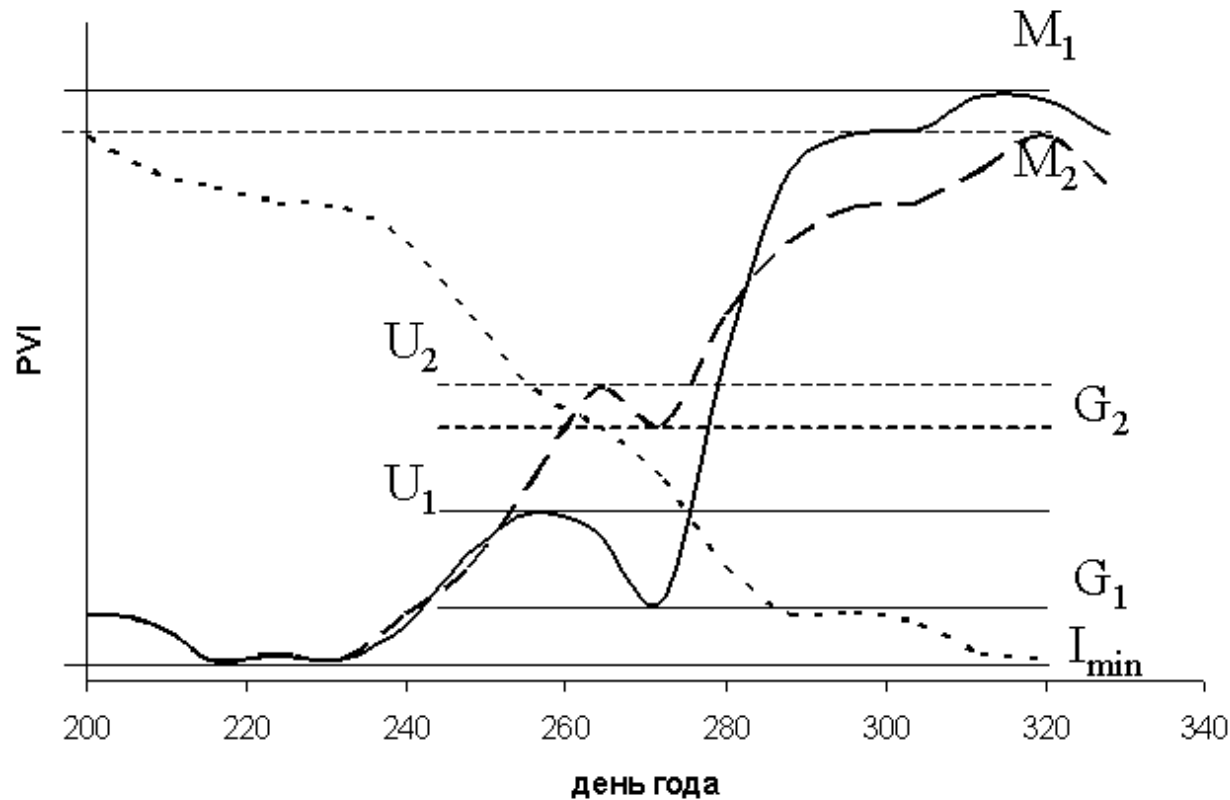
Возможность анализа временной динамики наблюдаемых объектов

Ежедневный NDVI, очищенный от облачности



Автоматизированные технологии построения масок используемых с/х земель, озимых и яровых культур и паров

Основанный на фенологии алгоритм распознавания озимых культур в осенне-зимний период вегетации

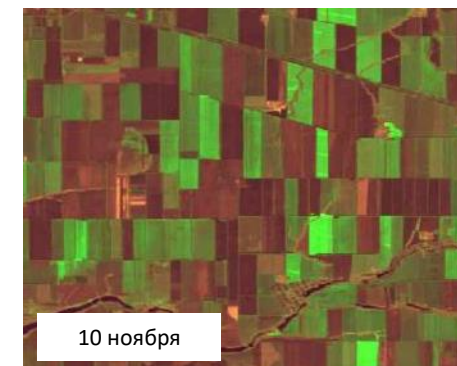
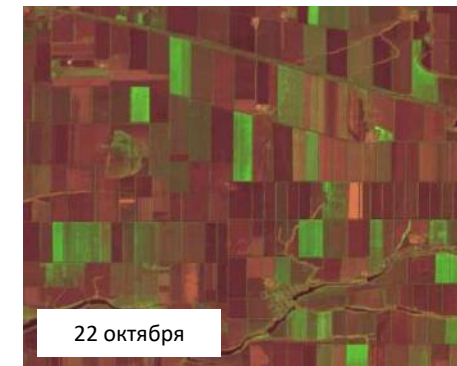
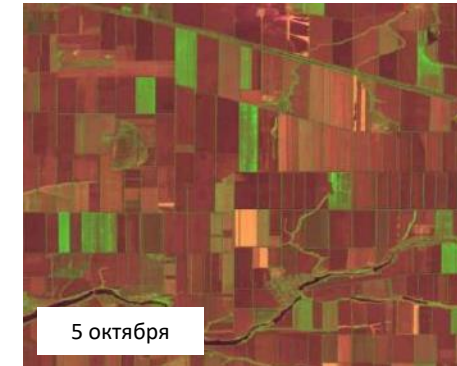


Под «непрерывным ростом» понимается выполнение условий:

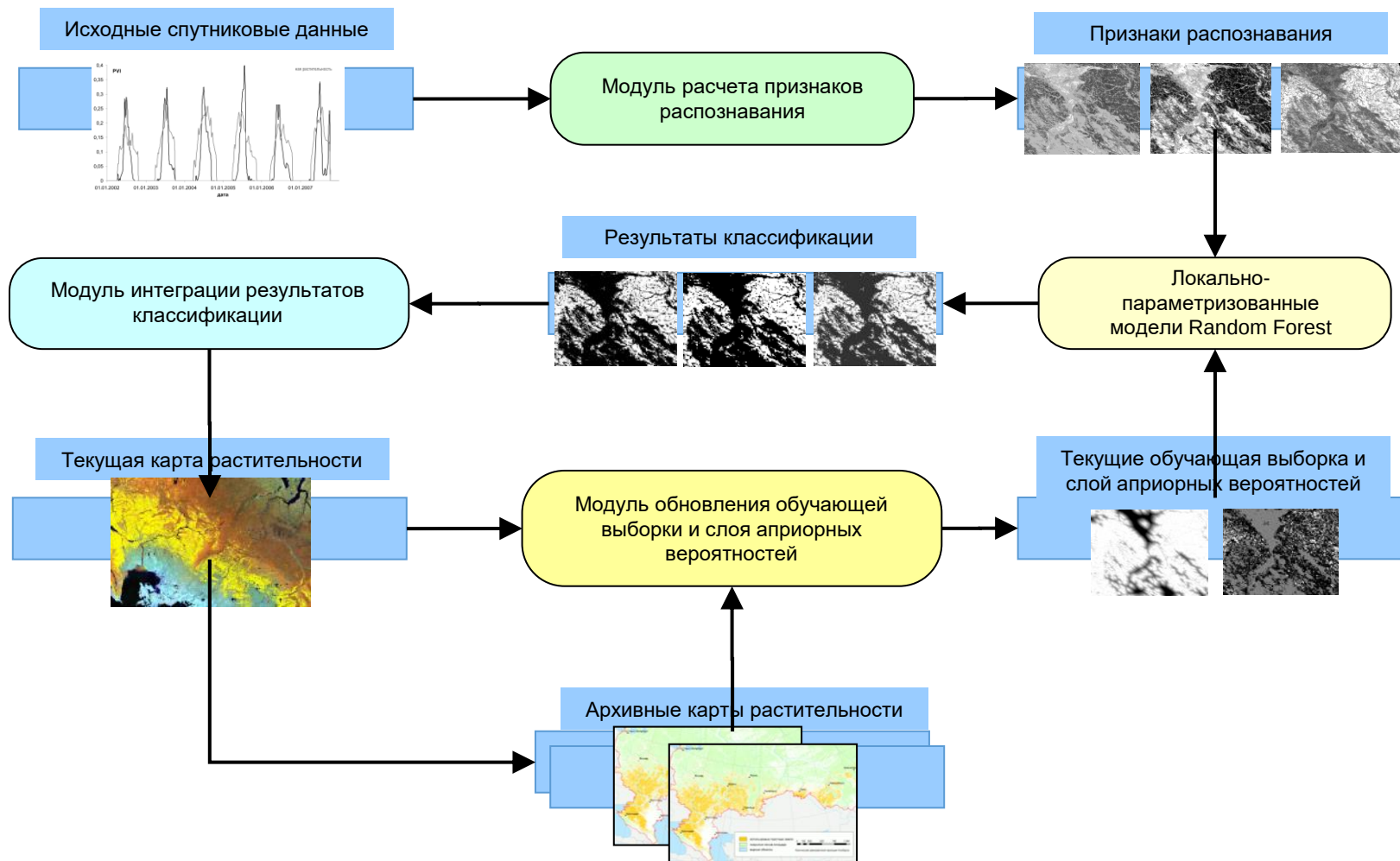
1. $PVI(t) > PVI(t_0)$, $t > t_0$
2. $(U_k - G_k) < (G_k - I_{min})$

Условие отнесения к классу растительности:

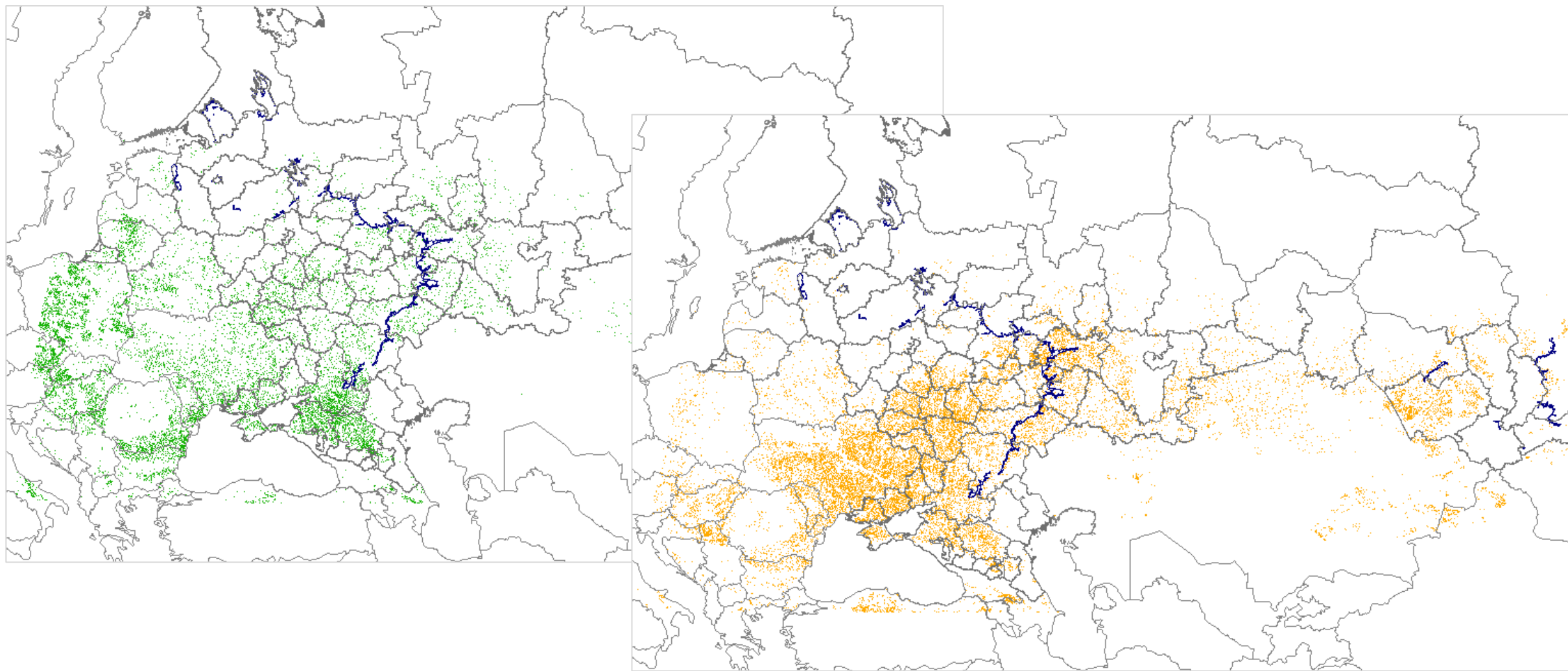
Длительность «непрерывного роста» > 15 дней



Технология ежегодного обновления карт используемой пашни РФ



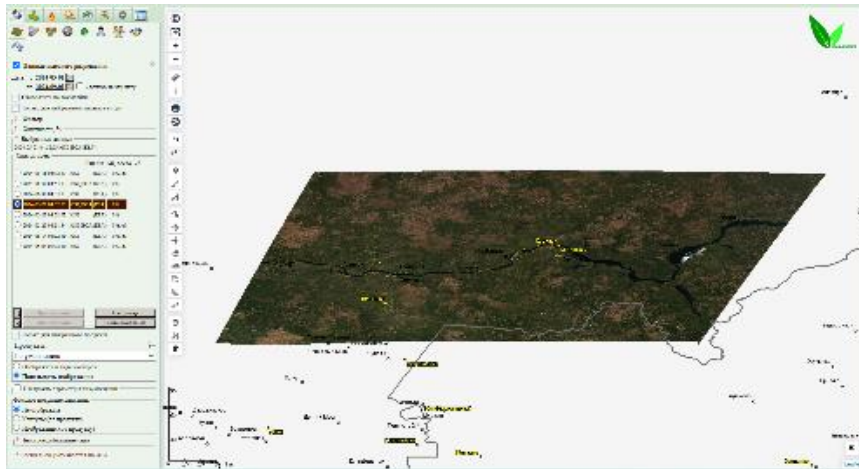
Построение карт различных характеристик растительного покрова (примеры карт озимых и яровых культур)



Технология выделения границ сельскохозяйственных угодий по данным ДЗЗ и формирования рабочих участков

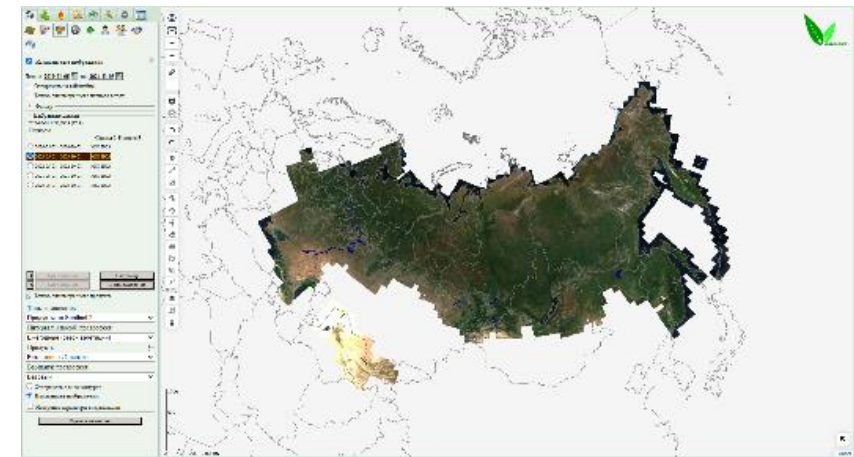
Выделение границ сельскохозяйственных угодий по данным ДЗЗ и формирования рабочих участков полей

Выделение границ полей и рабочих участков полей основано на сегментации спутниковых снимков внутри заданных границ. Как основная спутниковая информация используются по данным прибора MSI спутников серии Sentinel-2.



Одномоментные
сцены

Композитные
изображения
за сезон



В основном используются для
выделения границ

Разновременные
ежемесячные
композитные
изображения
NDVI

Разновременные
ежедневные
композитные
изображения
NDVI



Выделение границ с/х угодий по данным ДЗЗ и формирования рабочих участков полей

Входная и выходная информация, особенности алгоритма выделения рабочих участков

Схема обработки одного задания

Получение векторных границ полей и объединение разных источников данных

Разбиение исходного задания на фрагменты (тайлы)

Подготовка всех данных по фрагменту: извлечение из архива, создание индекса NDVI, перепроецирование

Подготовка набора векторных данных: обрезка, коррекция

Обработка каждого векторного объекта независимо

Растрезация данных под объект

Сегментация

Векторизация сегментов

Дополнительные векторные операции: удаление мелких объектов путем присоединения к крупным, коррекция краевых эффектов, удаление отличающихся мелких участков

Объединение полученных векторных границ всех объектов в единый слой по фрагменту

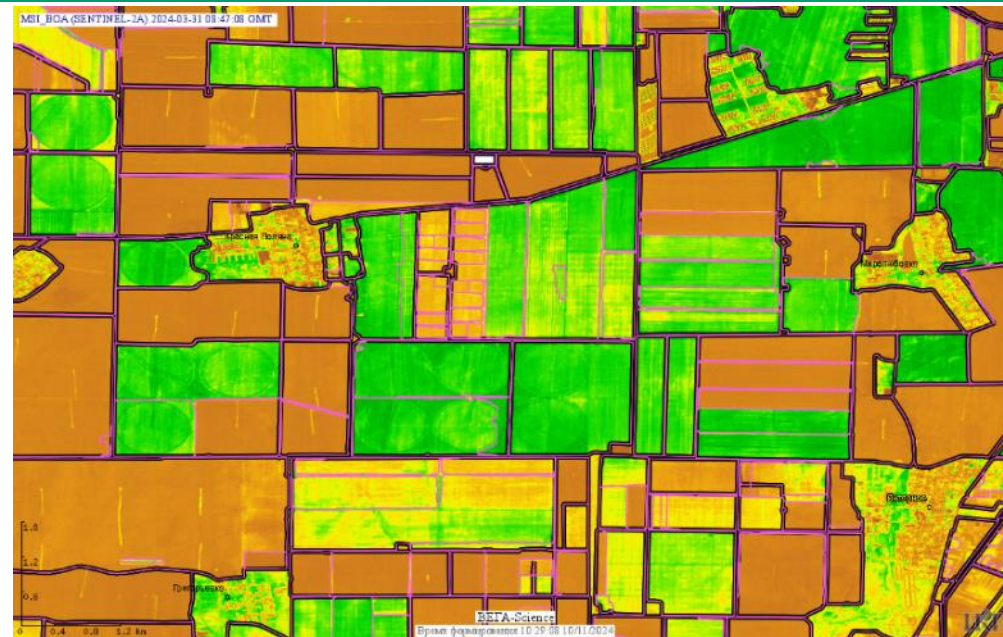
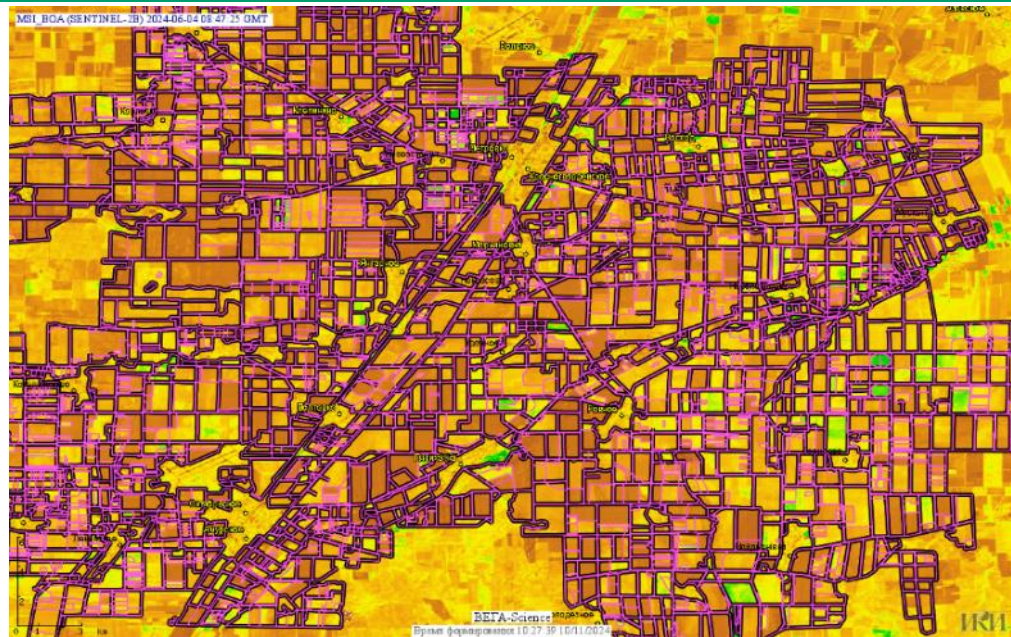
Объединение полученных векторных границ всех объектов по всем фрагментам

Сохранение результатов и передача в интерфейс

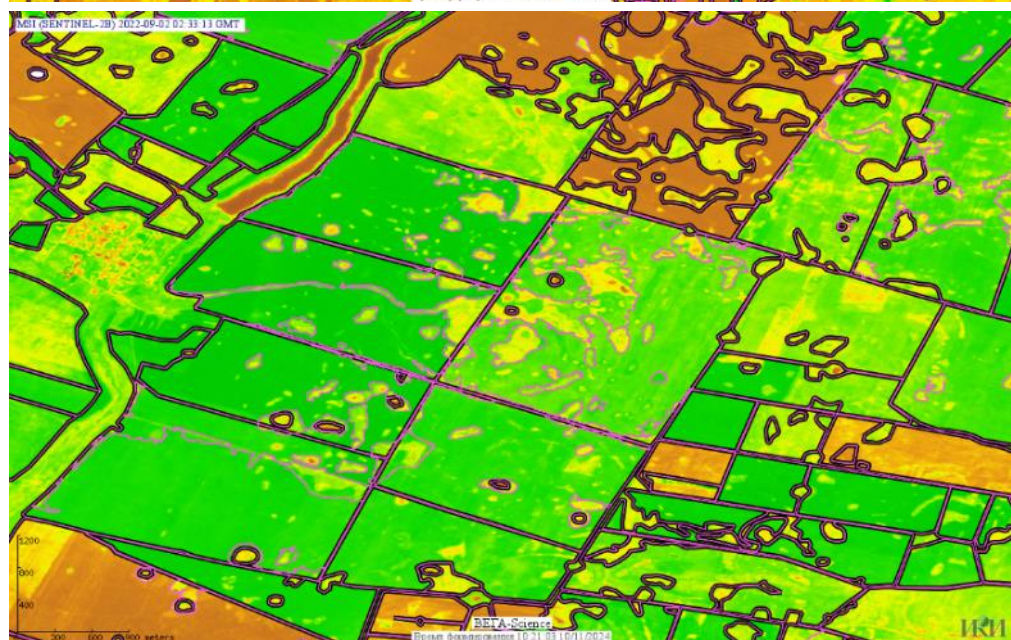
В качестве входной информации выступают любые контура полей в векторном виде, загруженные в систему. Выделение рабочих участков полей основано на сегментации спутниковых снимков внутри заданных границ. Для сегментации используется метод, описанный в [Felzenszwalb, 2004].. Растровые результаты сегментации векторизуются и обрезаются по исходным границам каждого поля. Результатом одной обработки является векторный слой рабочих участков внутри каждого переданного на обработку поля. На выходе получают векторные границы рабочих участков полей.

Efficient graph-based image segmentation, Felzenszwalb, P.F. and Huttenlocher, D.P. International Journal of Computer Vision, 2004.

Примеры выделения границ рабочих участков полей



Черным – исходные контура, розовым – выделенные рабочие участки.

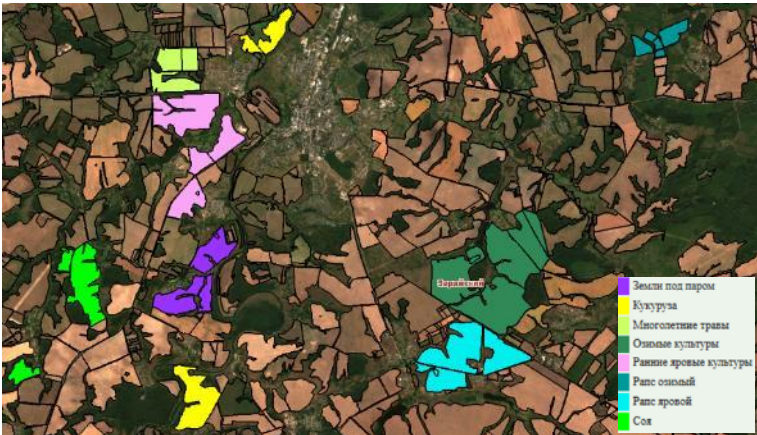


Черным – исходные контура, белым – выделенные рабочие участки.

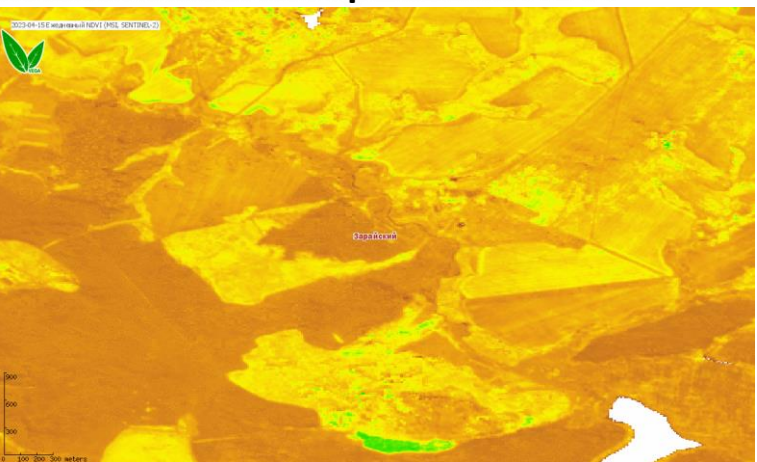
Технология распознавания типов сельскохозяйственных угодий и культур на основе временных рядов данных Д33

Обобщённая схема распознавания культур по данным ДЗЗ

Границы полей и обучающая выборка

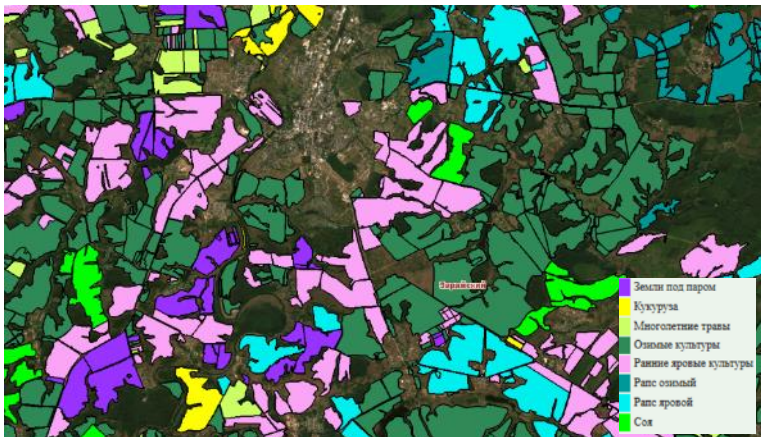


Временной ряд безоблачных композитных изображений NDVI

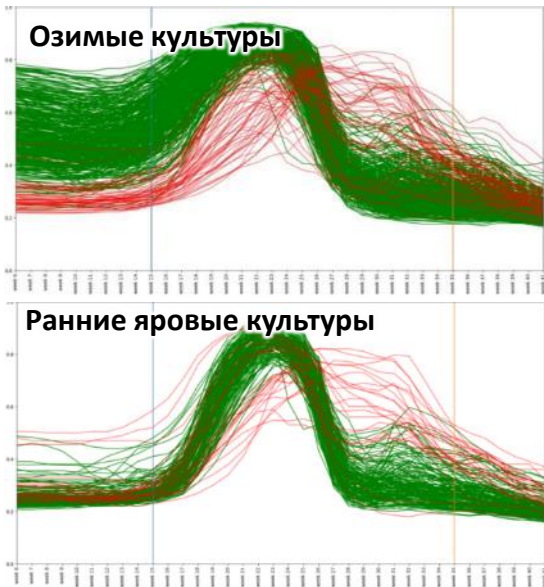


Классификация
методом
случайных лесов
(Random Forest)

Результат классификации

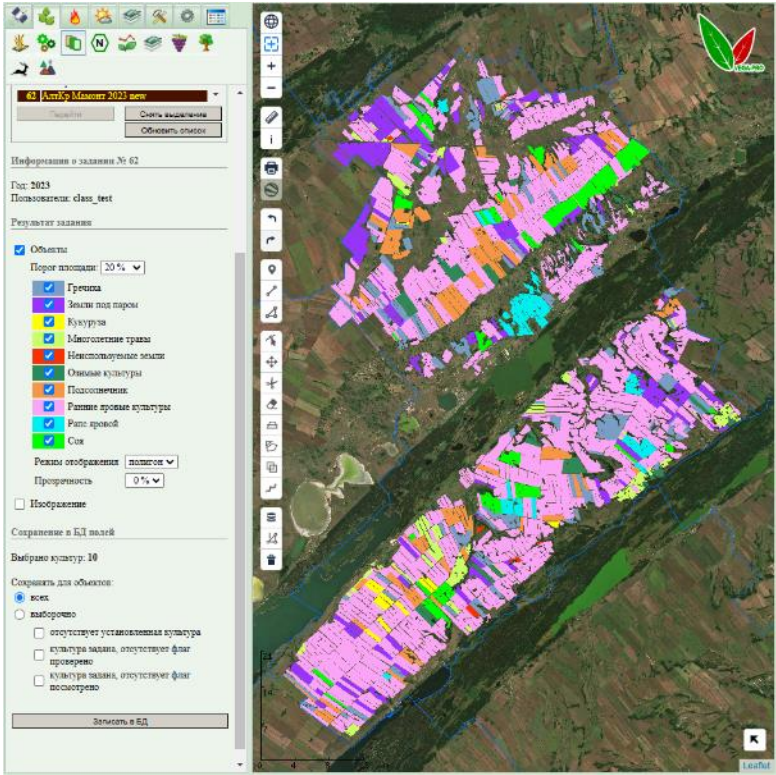


Автоматизированная
проверка результата
классификации



Пример оценки достоверности результата классификации

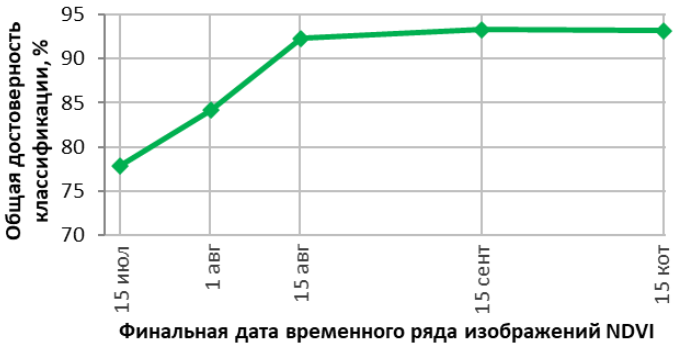
Алтайский край,
Мамонтовский район, 2023 г.



Размер обучающей выборки – 18% от
площади каждого класса

		Площади по эталонным данным, га										Итого	РА, %	УА, %	ОА, %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Площади по классификации, га	1 – неиспользуемые земли	304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304	78,1	100,0	93,2
	2 – пар	0	11248	0	145	0	0	0	0	0	363	11756	88,3	95,7	
	3 – озимые культуры	0	131	2263	0	0	0	0	0	0	0	2393	78,0	94,5	
	4 – гречиха	0	0	0	9247	0	0	0	0	43	0	9290	74,2	99,5	
	5 – многолетние травы	9	117	303	35	3090	0	0	0	0	198	3751	96,4	82,4	
	6 – рапс яровой	0	0	0	55	0	3524	0	0	0	0	3579	82,2	98,5	
	7 – соя	0	0	0	197	0	764	4931	98	310	0	6300	100,0	78,3	
	8 – кукуруза	0	0	0	0	0	0	0	911	87	0	997	90,3	91,3	
	9 – подсолнечник	0	0	0	139	91	0	0	0	9394	0	9624	91,1	97,6	
	10 – ранние яровые культуры	76	1242	335	2646	25	0	0	0	476	63184	67983	99,1	92,9	
Итого		389	12738	2900	12463	3205	4288	4931	1008	10311	63745	115978			

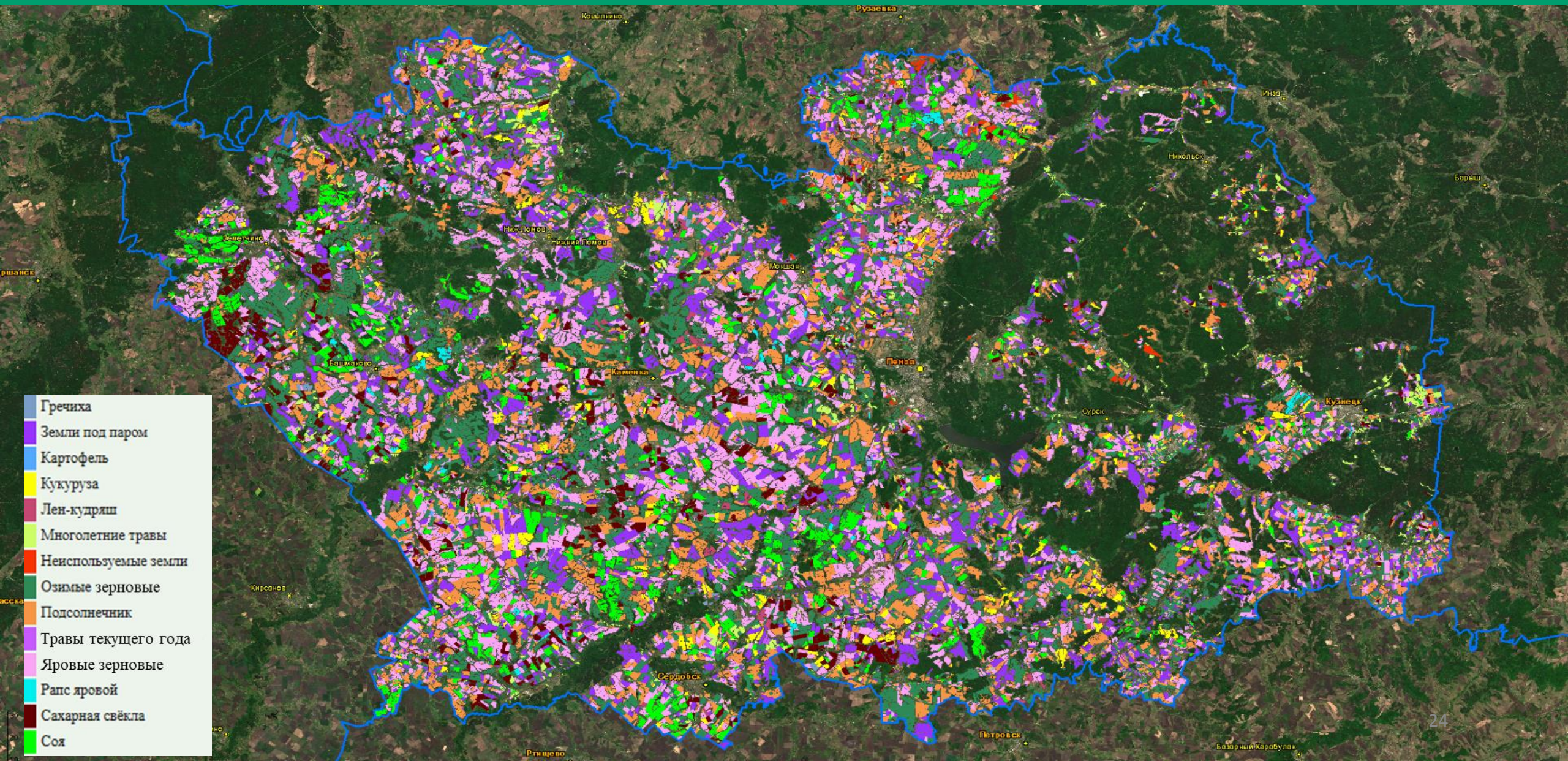
Общая достоверность классификации в
зависимости от длины временного ряда
композигов NDVI по данным MSI



- ✓ Стартовая дата – 04.05.2023
- ✓ Финальные даты – середина июля, начало августа, середина августа, середина сентября, середина октября 2023 г.

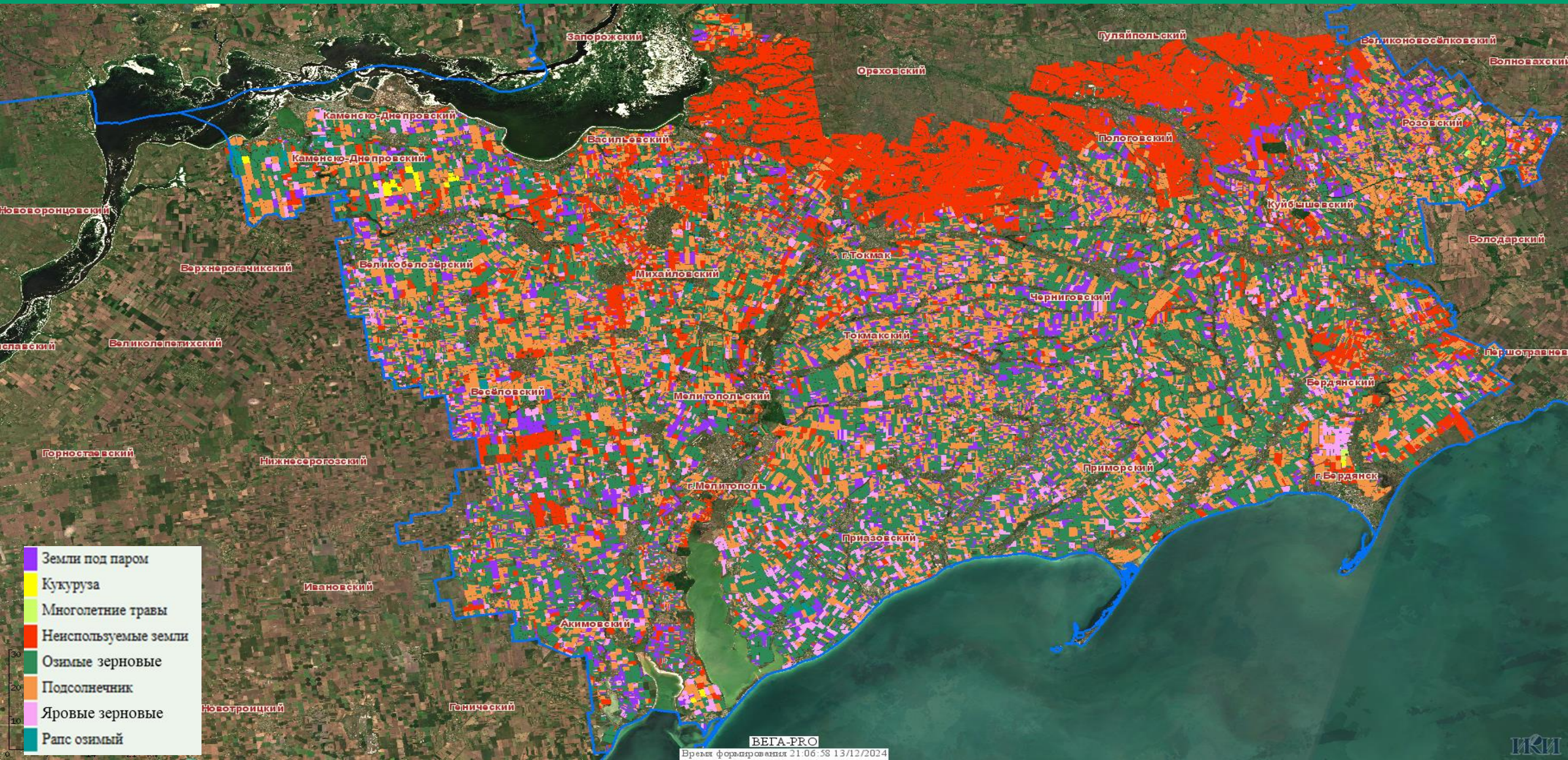
Распознавание культур, выращиваемых в 2024 г.

Пензенская область



Распознавание культур, выращиваемых в 2024 г.

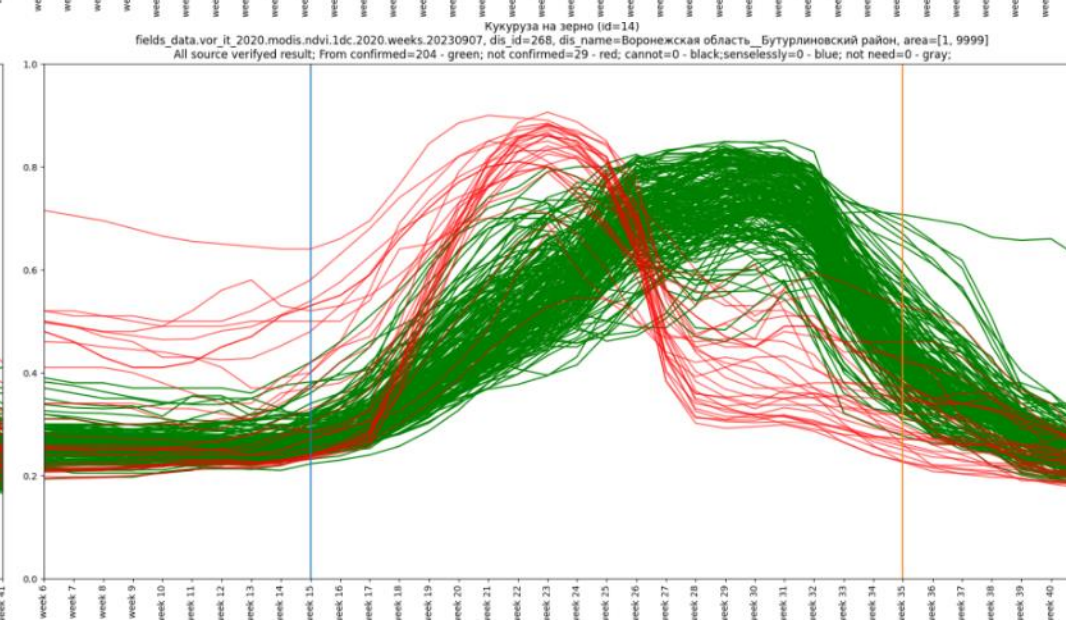
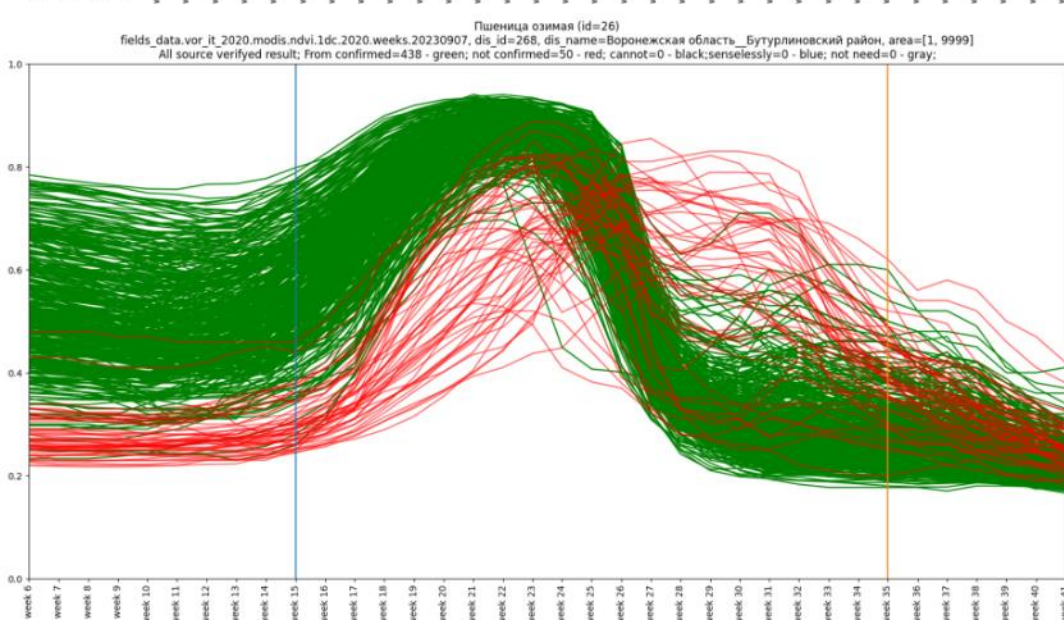
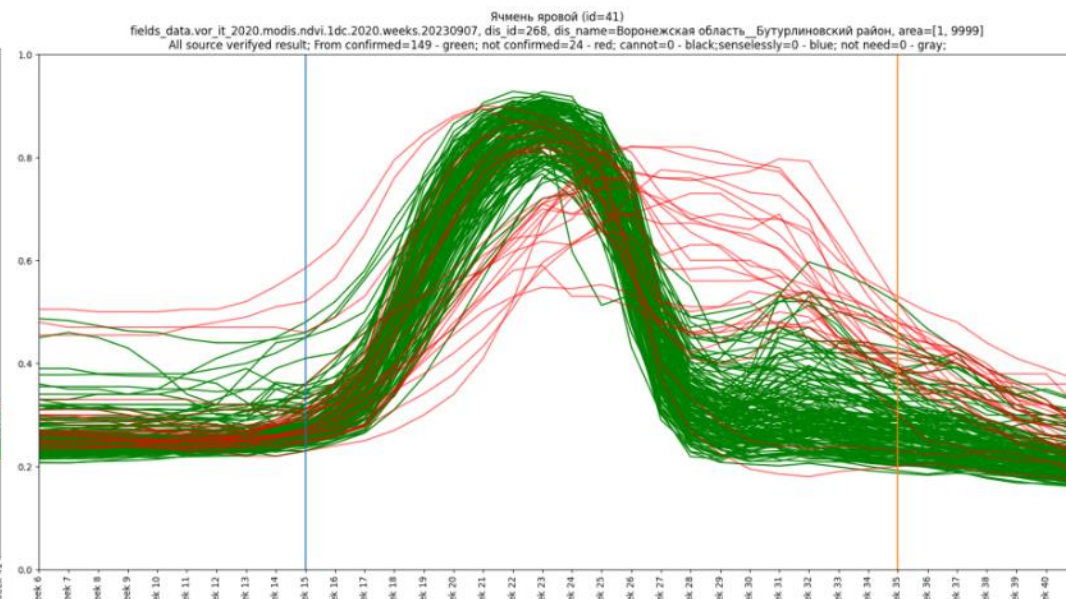
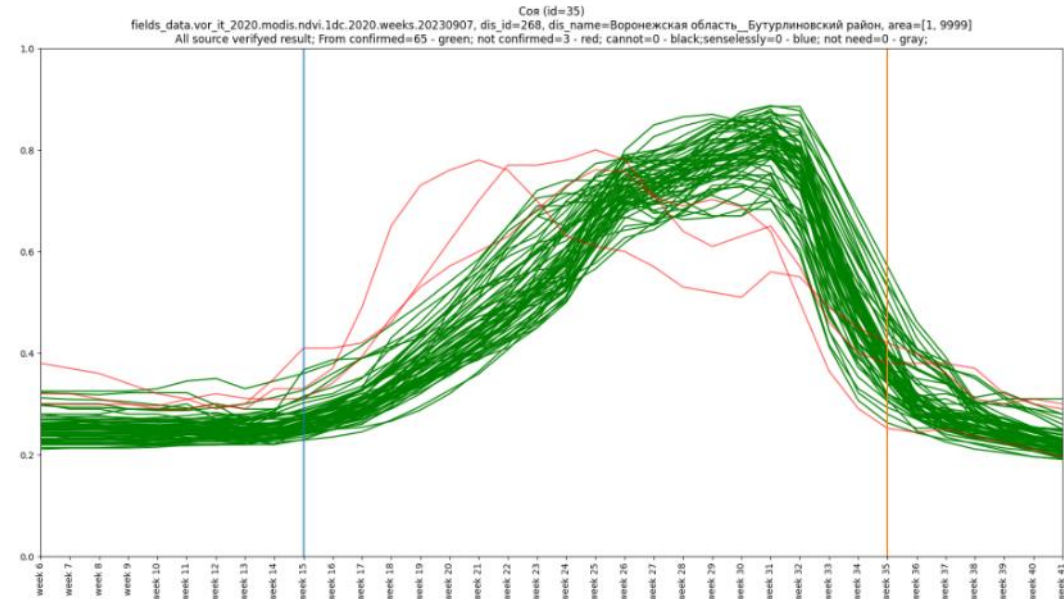
Запорожская область



Верификация информации о культурах

Верификация информации о культурах

Поиск ошибок в выборке



Примеры
результатов
верификации.
Зеленым –
культура
подтверждена,
красным – нет
(выборка по
одному району
Воронежской
области)

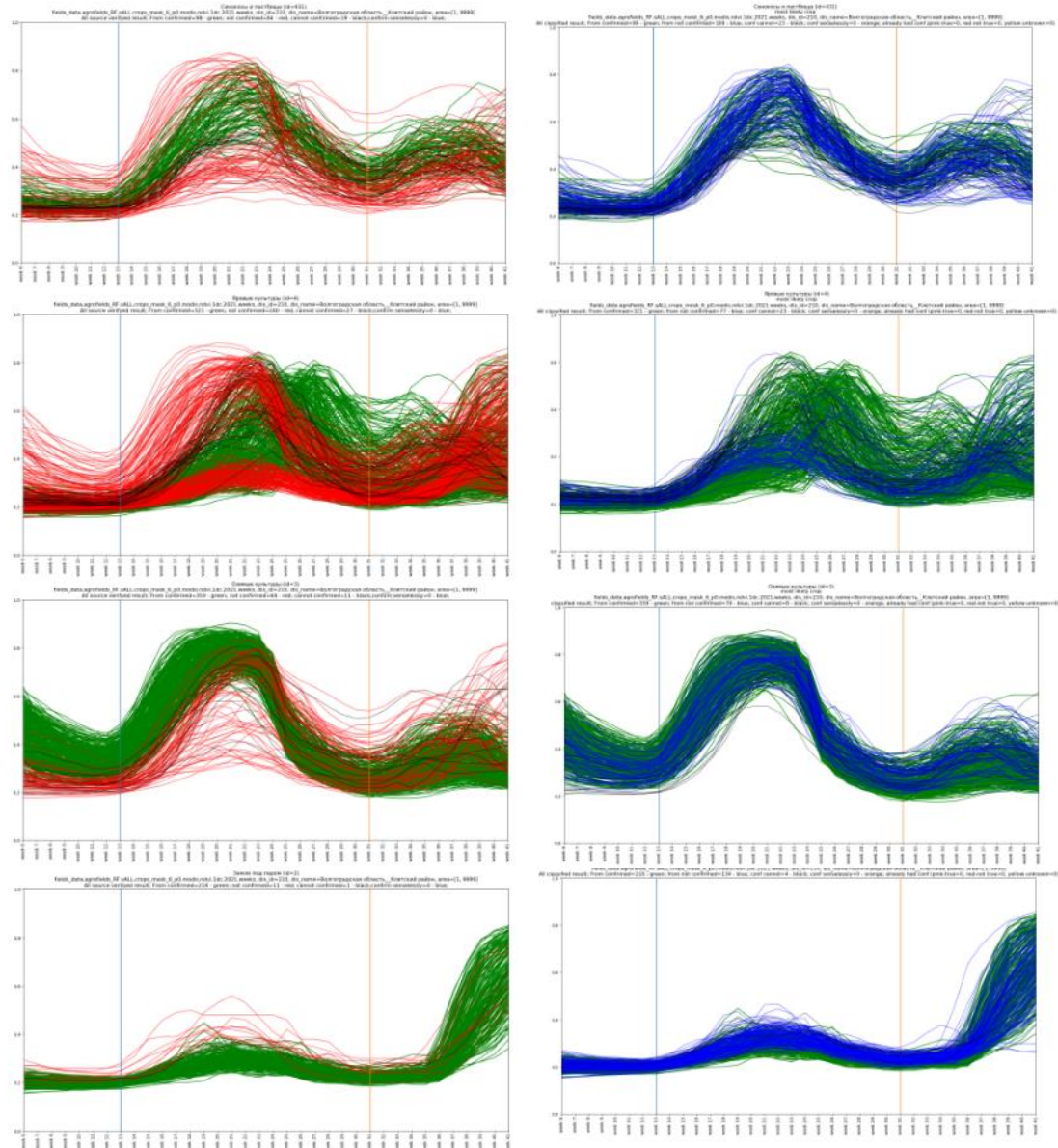
Верификация информации о культурах

Примеры результатов

Результат переклассификации
неподтвержденных

Культура	До тыс. га	После тыс. га	Изменение %
all	202.2	202.2	0.0
Яровые культуры	73.9	59.2	-19.9
Озимые культуры	67.9	65.4	-3.7
Земли под паром	51.7	63.6	23.0
Сенокосы и пастбища	8.3	13.6	63.4
Залежь	0.4	0.4	0.0
Лес	0.0	0.0	0.0

Пример результатов процедуры верификации
на одном районе данных семиклассовой
классификации (озимые, яровые, пары,
сенокосы и пастбища, залежь, лес на всю
страну)



Оценка операций (распашка, уборка, ввод в оборот)

Оценка проведения различных операций на полях

Весенняя обработка почвы



Май 2024

Уборка зерновых культур



18.06.2024



21.06.2024



23.06.2024

Уборка многолетних трав



Май 2024



Июнь 2024



Июль 2024

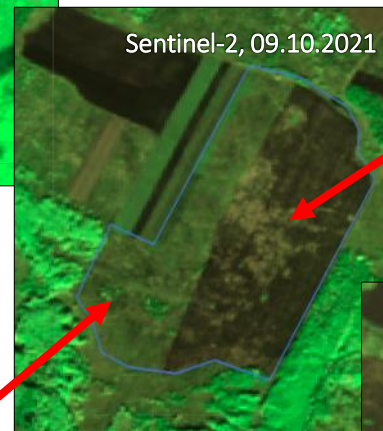
Оценка используемости земель (мониторинг изменений)



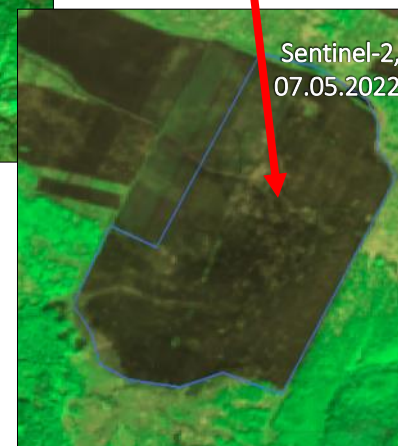
ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ, ШЕМЫШЕЙСКИЙ РАЙОН



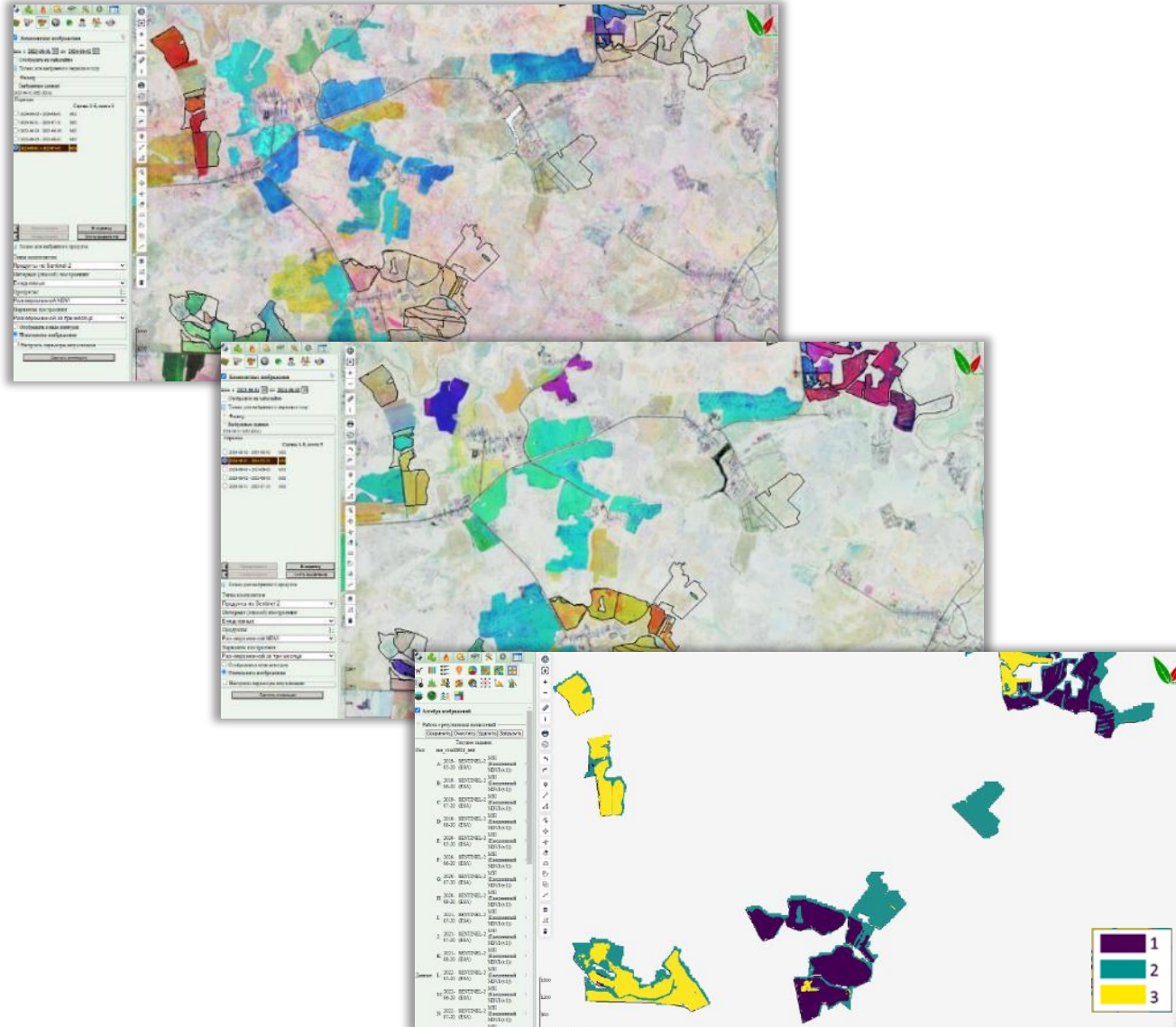
- ДКР ОТСУТСТВУЕТ
- ПОЧВА ОБРАБОТАНА



- ДКР
- ОТСУТСТВИЕ СЛЕДОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ



Автоматизированное выделение ввода в с/х оборот неиспользуемых пахотных земель



Для выделения на основе временных рядов спутниковых данных участков неиспользуемой пашни, введённых в оборот, используется выражение вида

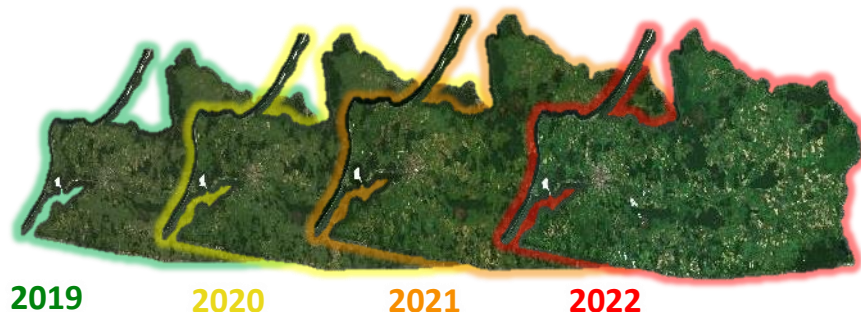
$$\text{if}(\min(A,B,C...)<(\text{порогNDVI}), 3, \text{if}(\min(A1, B1,C1...)<(\text{порогNDVI}), 1, 2))$$

, где:

- A,B,C,... – изображения NDVI за вегетационные периоды предыдущих лет, в т.ч. нескольких;
- A1,B1,C1 – изображения NDVI за вегетационный период анализируемого года;
- порогNDVI – подбираемое экспертом пороговое значение NDVI, свойственное распахке;
- 1, 2 и 3 – классы, к которым по результатам обработки будет отнесен тот или иной пиксель:
 - 1 – участок, введённый в оборот,
 - 2 – участок, не используемый как пашня,
 - 3 – участок, ранее используемый как пашня

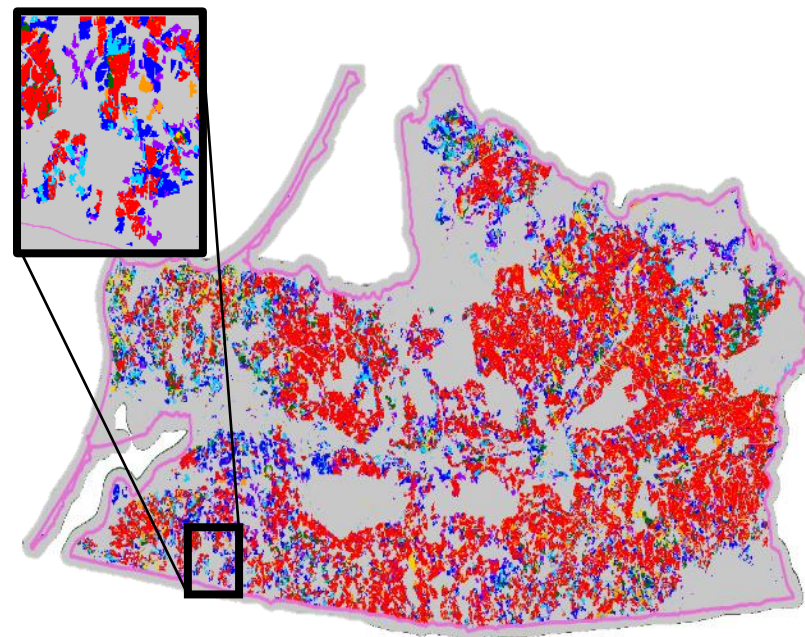
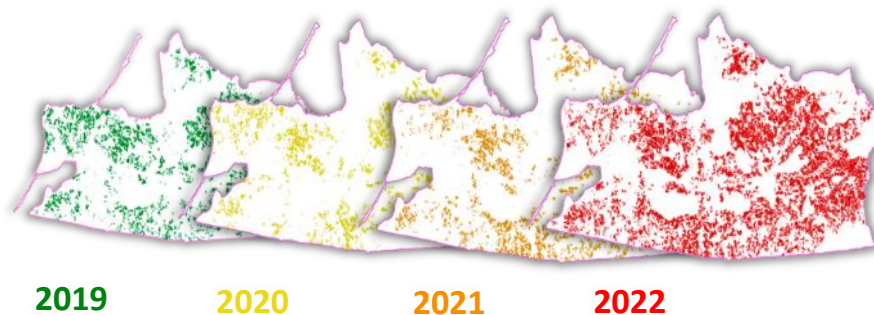
Возможности анализа данных долговременных наблюдений

БЕЗОБЛАЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ СПУТНИКОВЫХ
ДАННЫХ ЗА 2020-2022 ГГ.



КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗУЕМОСТИ
ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ



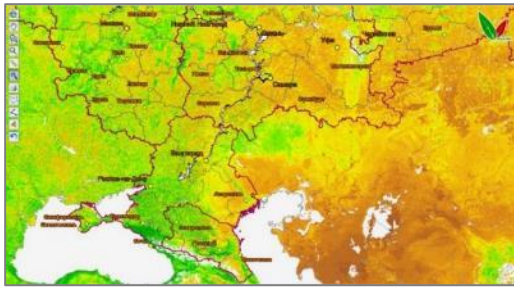
ПЕРИОДЫ ПОСЛЕДНЕГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ
ПОД РАСПАШКУ



Оценка состояния посевов

Оценка состояния посевов на районном и региональном уровнях

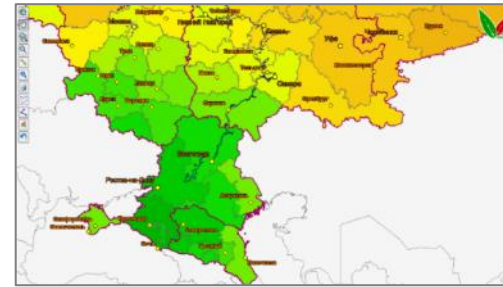
Еженедельные изображения NDVI с начала 2000-х гг.



Ежегодные карты озимых и яровых культур с начала 2000-х гг.



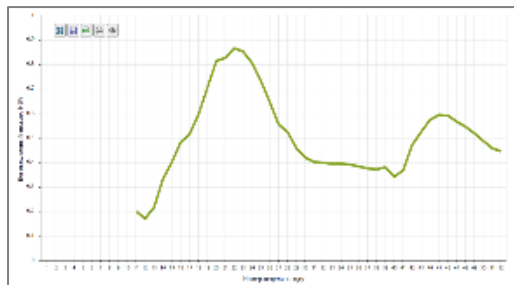
Еженедельные значения NDVI озимых и яровых в субъектах и районах



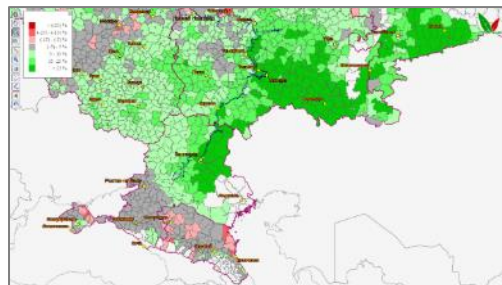
Ежедневные значения метеопараметров в субъектах и районах с начала 2000-х гг.



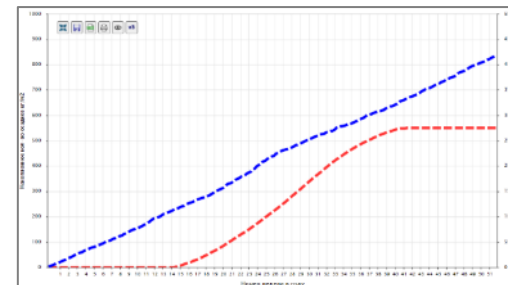
Многолетние «нормы» NDVI озимых и яровых в субъектах и районах



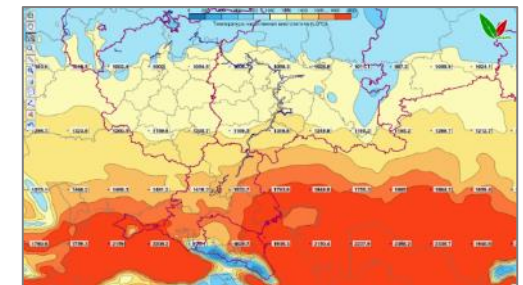
Отклонения NDVI озимых и яровых от многолетних «норм» в субъектах и районах



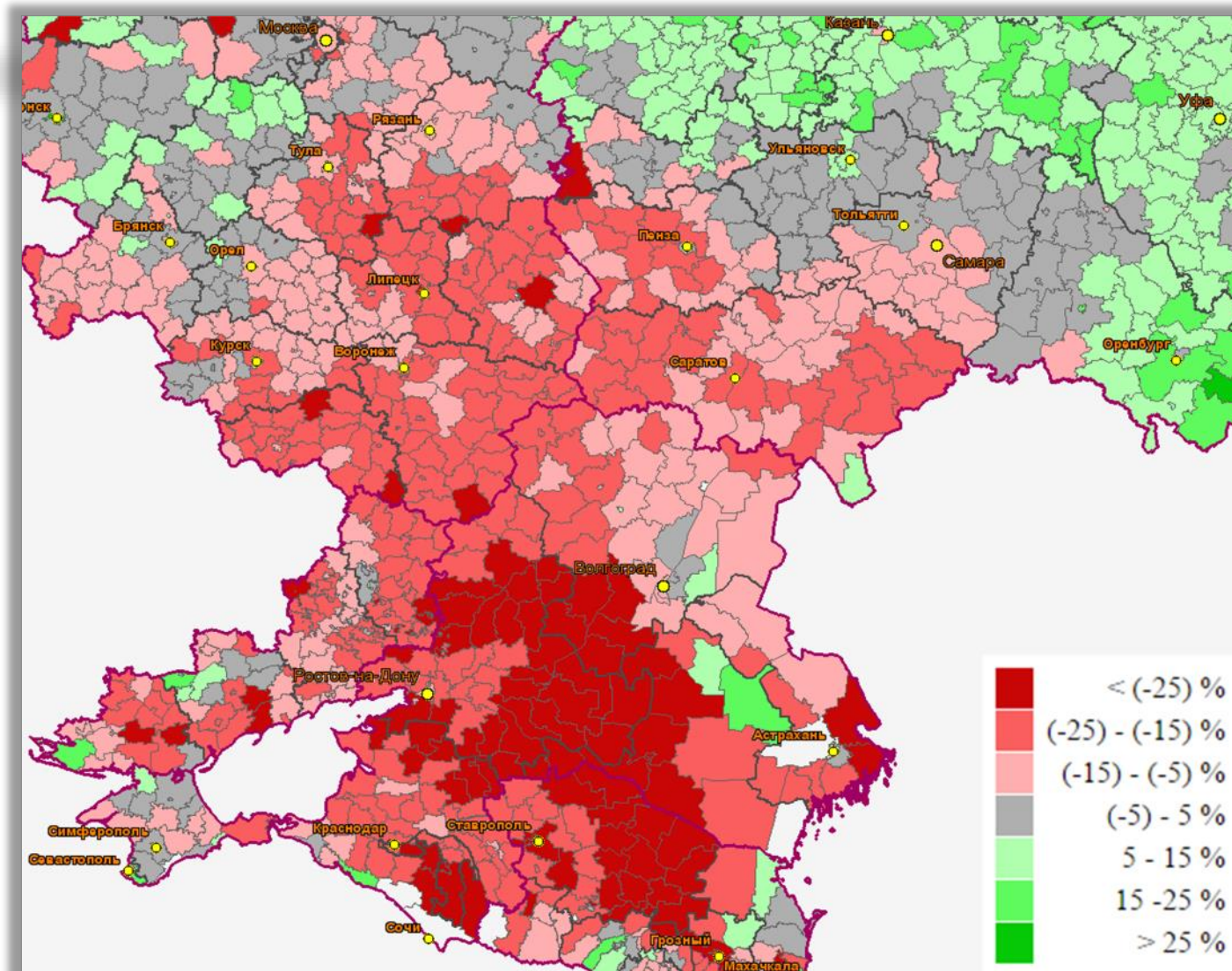
Многолетние «нормы» метеопараметров в субъектах и районах



Отклонения метеопараметров от многолетних «норм»



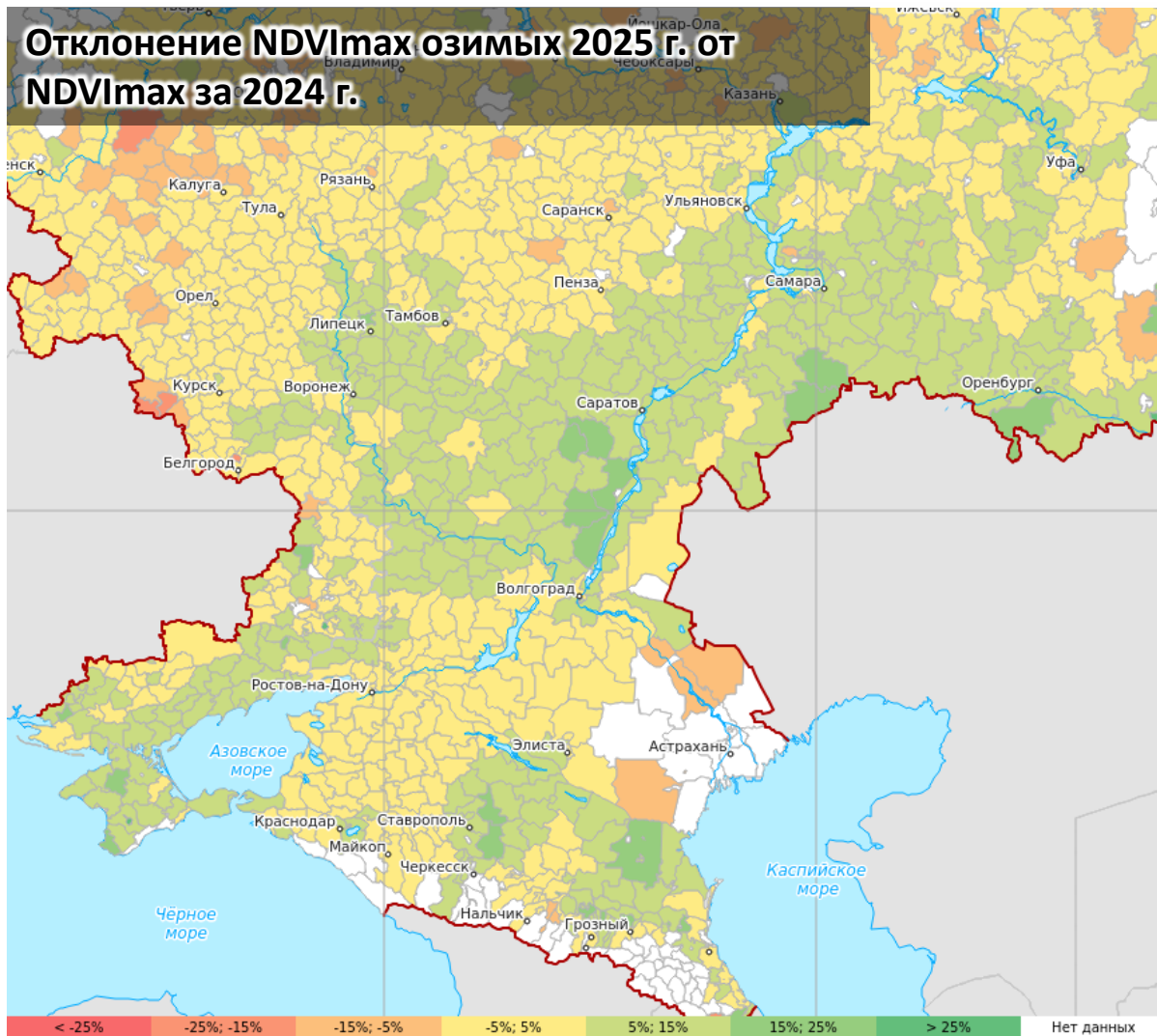
МАСШТАБНАЯ ЗАСУХА В ПЕРИОД ОСЕННЕЙ ПОСЕВНОЙ КАМПАНИИ 2024 Г.



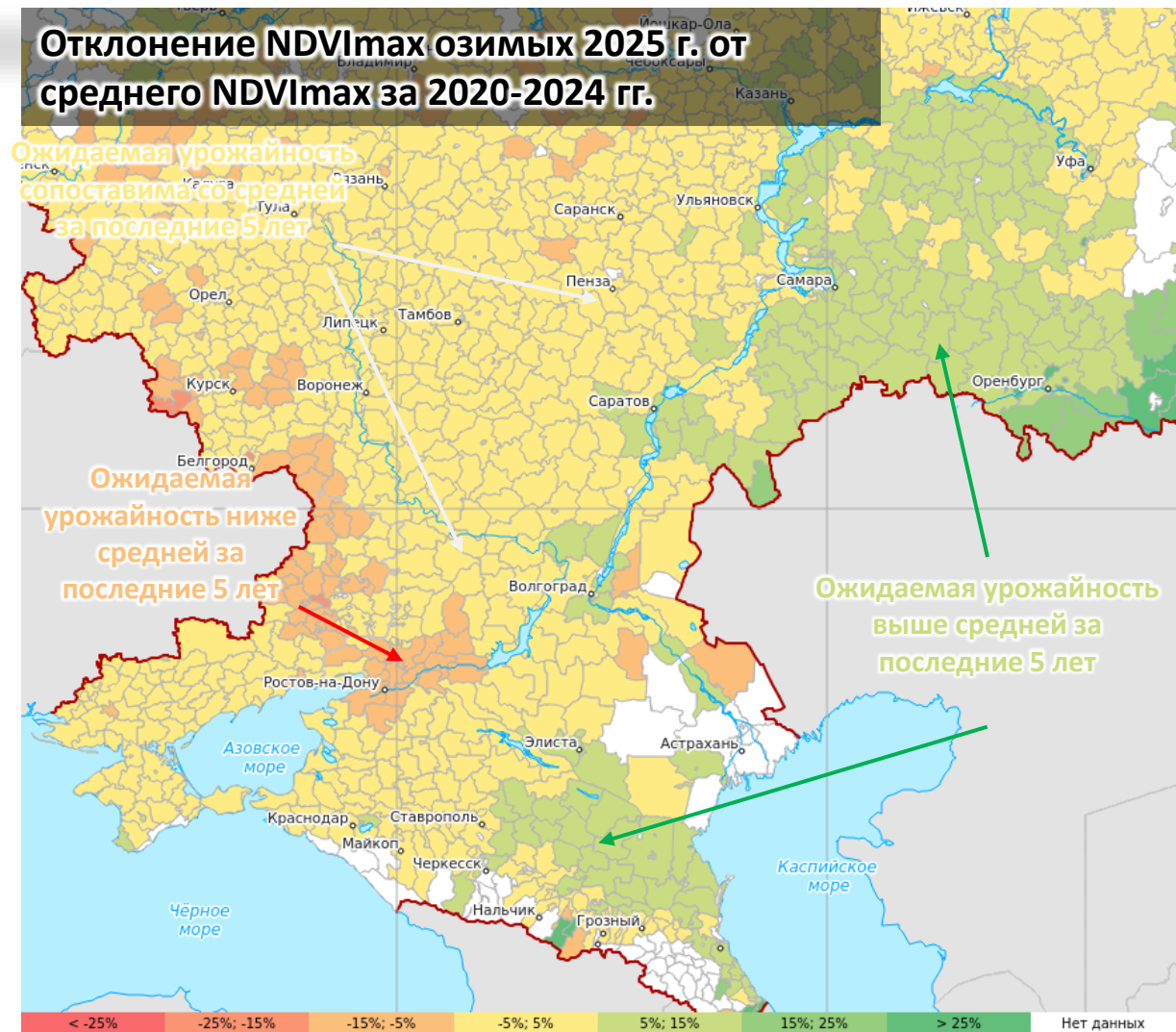
Отклонение NDVI пахотных земель
от среднегодовой (>20 лет)
нормы на 39 неделю (23-29
сентября) 2024 г.

СОСТОЯНИЕ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В 2025 Г.

Отклонение NDVI_{max} озимых 2025 г. от NDVI_{max} за 2024 г.

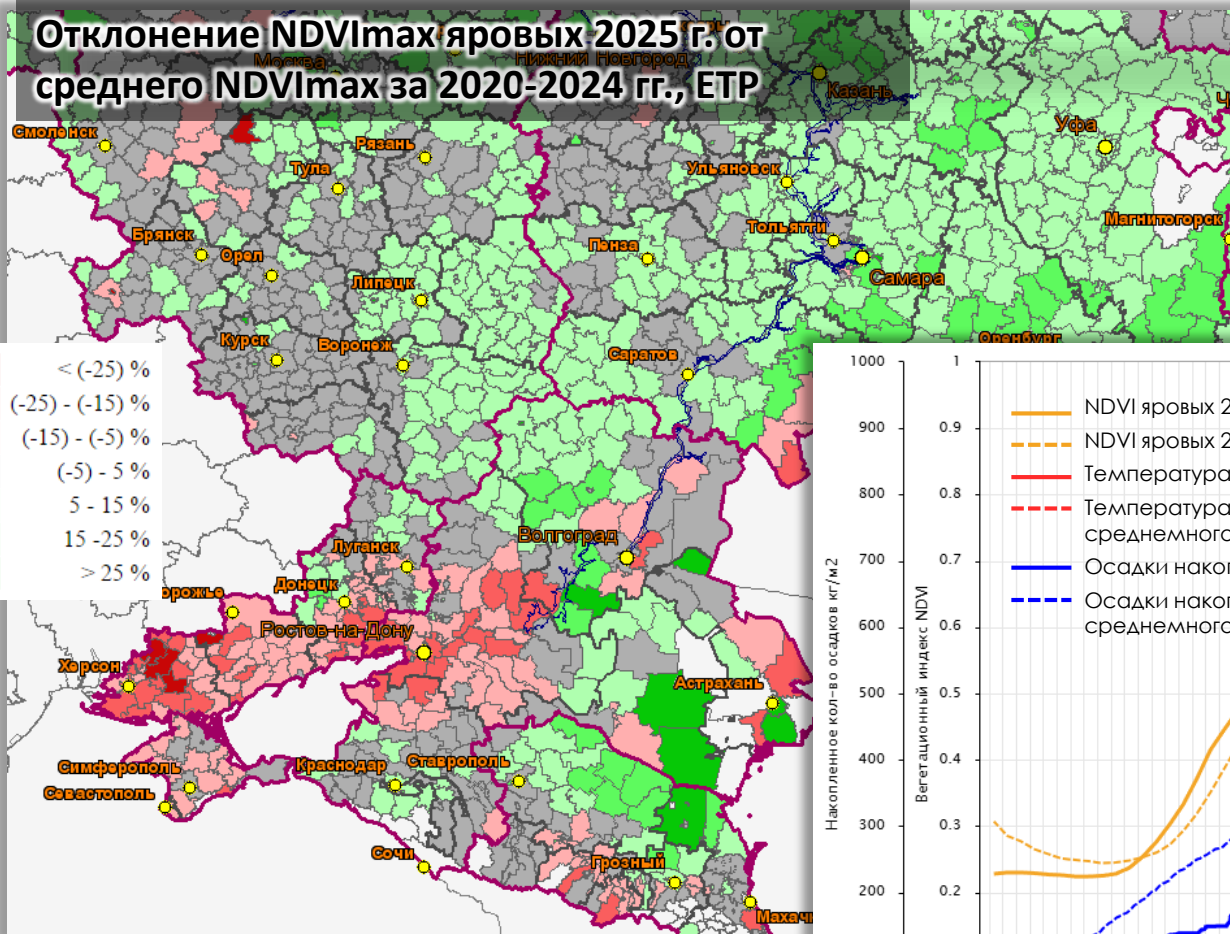


Отклонение NDVI_{max} озимых 2025 г. от среднего NDVI_{max} за 2020-2024 гг.



СОСТОЯНИЕ ЯРОВЫХ КУЛЬТУР В 2025 Г. ЕВРОПЕЙСКАЯ ТЕРРИТОРИЯ РОССИИ

Отклонение NDVI_{max} яровых 2025 г. от среднего NDVI_{max} за 2020-2024 гг., ЕТР



В Ростовской области режим ЧС по засухе введен еще в одном районе

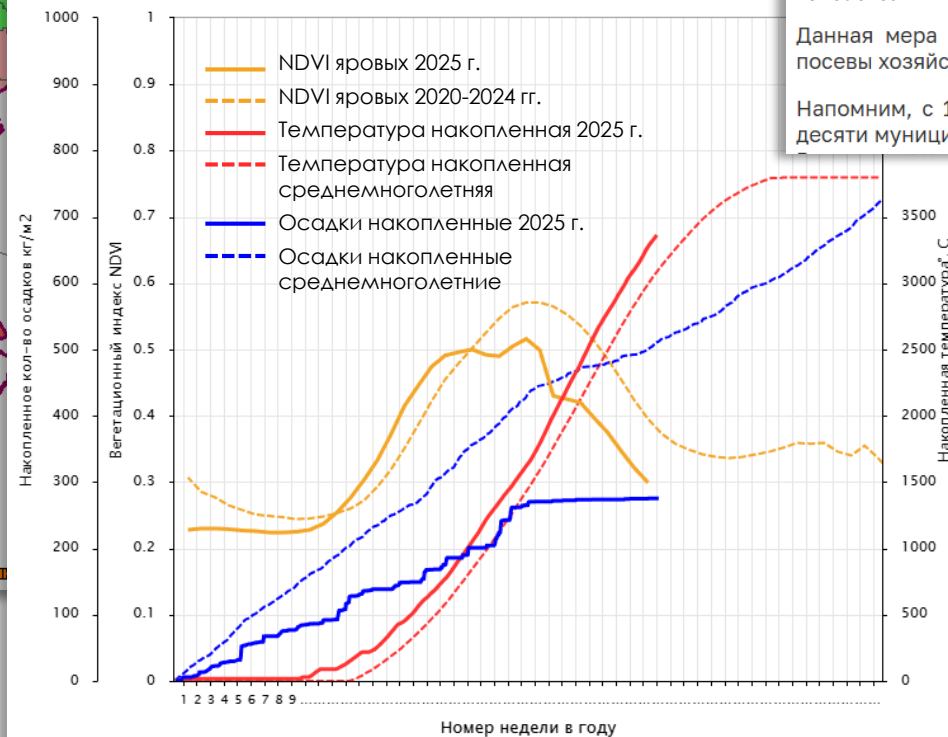
15 августа 2025 Версия для печати

С 12 августа режим чрезвычайной ситуации по почвенной засухе был введен на территории Мартыновского района. Глава региона Юрий Слюсарь [утвердил внесение изменений в распоряжение о введении режима ЧС](#).

Отсутствие осадков и запасов влаги в почве продолжает оказывать крайне негативное воздействие на яровые пропашные культуры (подсолнечник, кукурузу) в этом и других муниципальных образованиях.

Данная мера принимается в помощь аграриям. Это позволит застраховавшим посевы хозяйствам получить страховые выплаты.

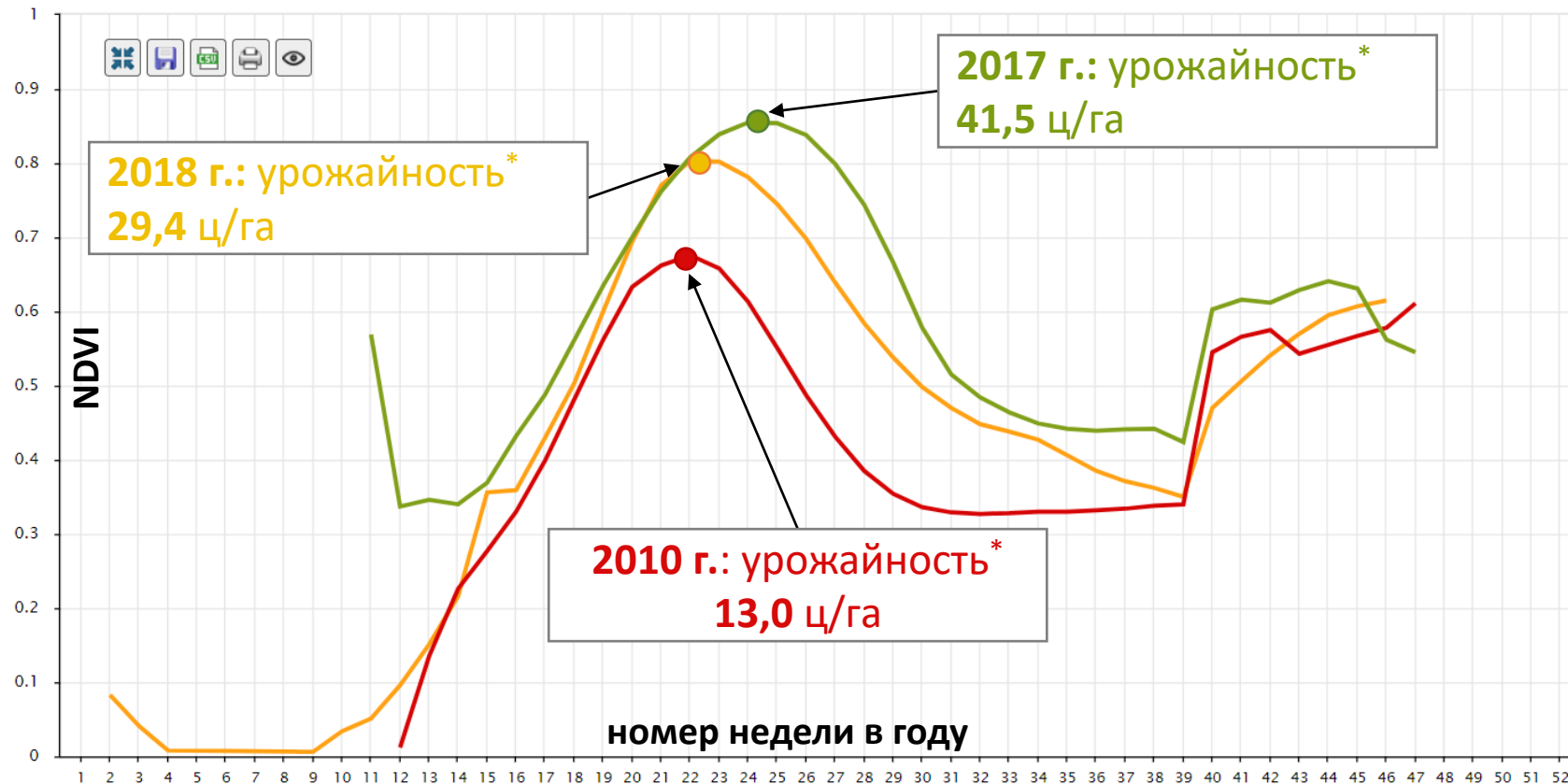
Напомним, с 10 июня режим ЧС по почвенной засухе действует на территории десяти муниципальных районов: Азовского, Белокалитвинского, Верхнедонского,



Оценка урожайности

Оценка состояния посевов на районном и региональном уровнях – предпосылки для прогнозирования урожайности

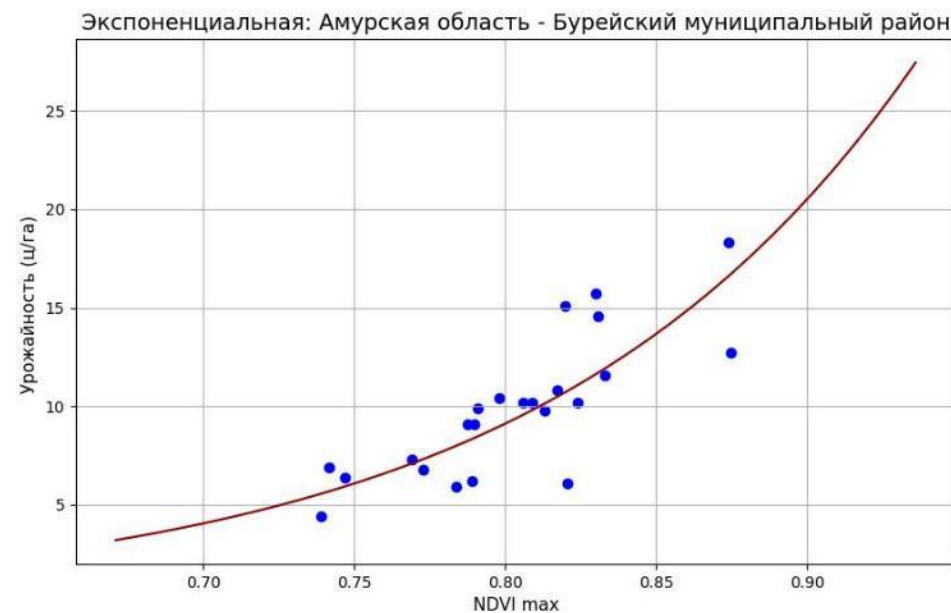
Пензенская область, ход NDVI озимых культур в разные годы



Средняя по субъекту урожайность озимой пшеницы имеет связь с весенне-летним максимумом NDVI озимых, определяемым по спутниковым данным

* – урожайность озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий по данным ЕМИСС

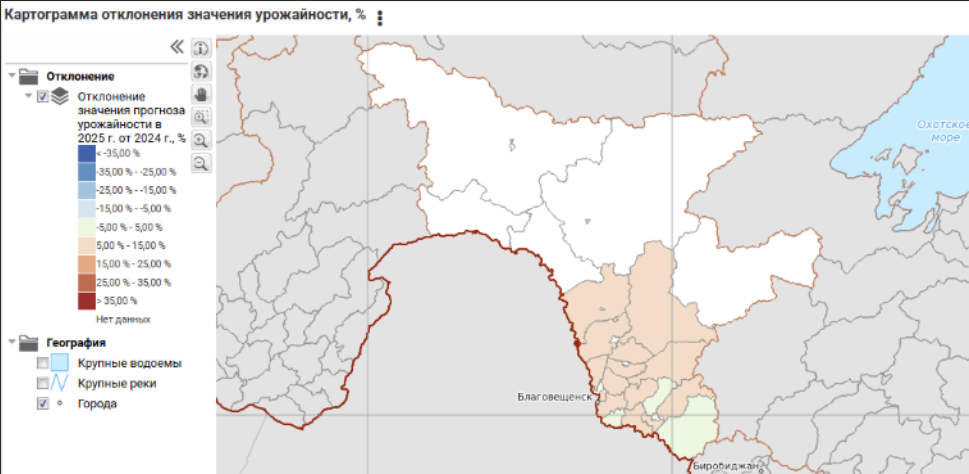
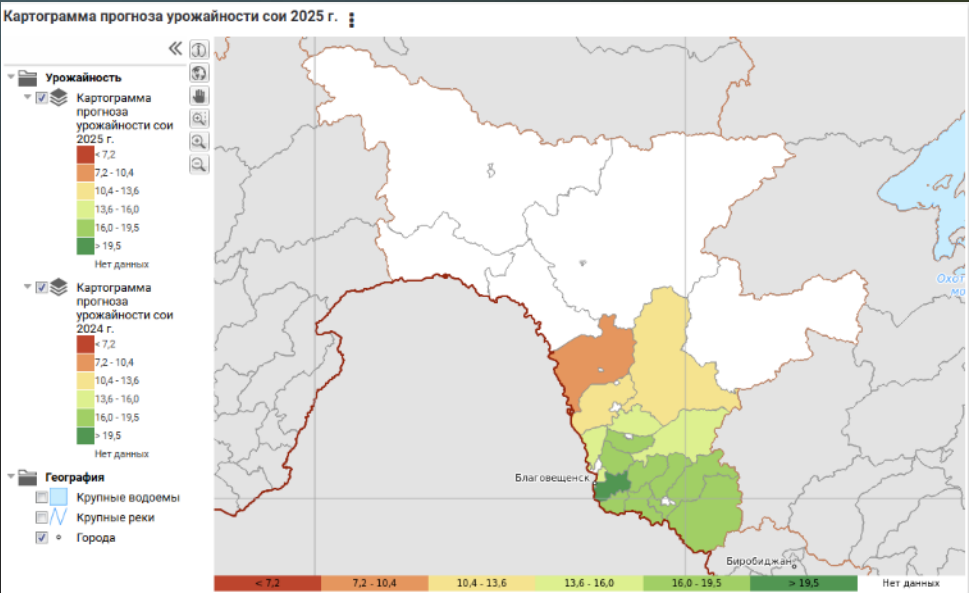
Связь $NDVI_{\max}$ яровых и урожайности сои*



* – урожайность в хозяйствах всех категорий по данным МСХ Амурской обл.

АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ – ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ СОИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ В РАЗРЕЗЕ РАЙОНОВ

Урожайность сои на 2024 - 2025 гг.						
факты						
Наименование района	Площадь сои, га	Прогноз урожайности на 2024 г., ц/га	Урожайность 2024 г., ц/га	Прогноз урожайности 2025 г. (предварительный), ц/га	Прогноз урожайности 2025 г. (уточненный), ц/га	Отклонение значения прогноза урожайности в 2025 г. от 2024 г., %
СУММАРНЫЙ		15,1	15,0	17,7	16,1	7,15 %
Архаринский муниципальный район	30 576,0	14,2	15,9	17,8	16,0	0,63 %
Белогорский муниципальный округ	99 959,3	14,5	15,2	18,5	17,1	11,11 %
Благовещенский муниципальный район	32 535,0	15,7	13,4	16,3	14,8	9,46 %
Бурейский муниципальный округ	30 992,0	17,5	17,3	19,5	18,5	6,49 %
Завитинский муниципальный округ	29 606,0	15,7	16,5	18,0	16,8	1,79 %
Ивановский муниципальный округ	99 295,0	17,1	17,5	20,4	19,2	8,85 %
Константиновский муниципальный район	82 382,2	17,2	18,4	20,5	19,2	4,17 %
Мазановский муниципальный район	16 705,2	11,8	10,7	15,3	12,3	13,01 %
Михайловский муниципальный район	112 746,1	18,1	17,5	20,0	18,9	7,41 %
Октябрьский муниципальный район	106 695,2	18,1	18,2	20,3	19,3	5,70 %
Ромненский муниципальный округ	45 577,0	13,9	14,0	17,2	15,3	8,50 %
Свободненский муниципальный район	20 507,0	11,6	9,6	13,0	10,7	10,28 %
Серышевский муниципальный район	65 857,0	12,7	13,0	16,2	14,2	8,45 %
Тамбовский муниципальный район	133 907,0	18,4	18,4	20,8	19,8	7,07 %
Шимановский муниципальный район	1 875,0	9,6	9,0	11,9	9,8	8,16 %



Техническая основа использования имеющихся возможностей

Основные технические характеристики ЦКП «ИКИ-МОНИТОРИНГ» (<http://ckp.geosmis.ru/>)

Более **9** текущий общий объем архивов данных
ПБАЙТ в онлайн-доступе

Около **15** пиковая скорость обработки и усвоения
ТБАЙТ/сутки данных в архивах

Более **14** общая доступная емкость
ПБАЙТ хранения данных онлайн

Более **40** инфраструктуры
УЗЛОВ виртуализации

Более **500** обработки и доступа к данным
СЕРВЕРОВ

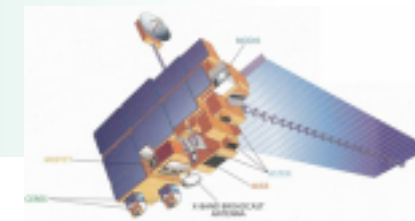


информация приведена по состоянию на конец
сентября 2025 года

Основные спутниковые данные, с которыми работает ЦКП «ИКИ-МОНИТОРИНГ»

- В основном ориентирован на использование **РОССИЙСКИХ** и **ОБЩЕДОСТУПНЫХ** зарубежных данных
- Информация в систему поступает из **РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ЦЕНТРОВ** сбора, обработки и архивации спутниковых данных
- Обеспечивает работу с данными **БОЛЕЕ ЧЕМ 50 СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЙ**
- Обеспечивает работу с данными **БОЛЕЕ ЧЕМ 30 ТИПОВ ПРИБОРОВ** наблюдения
- **ГЛУБИНА АРХИВОВ** более 40 ЛЕТ

Информация приведена на конец сентября 2025 г.

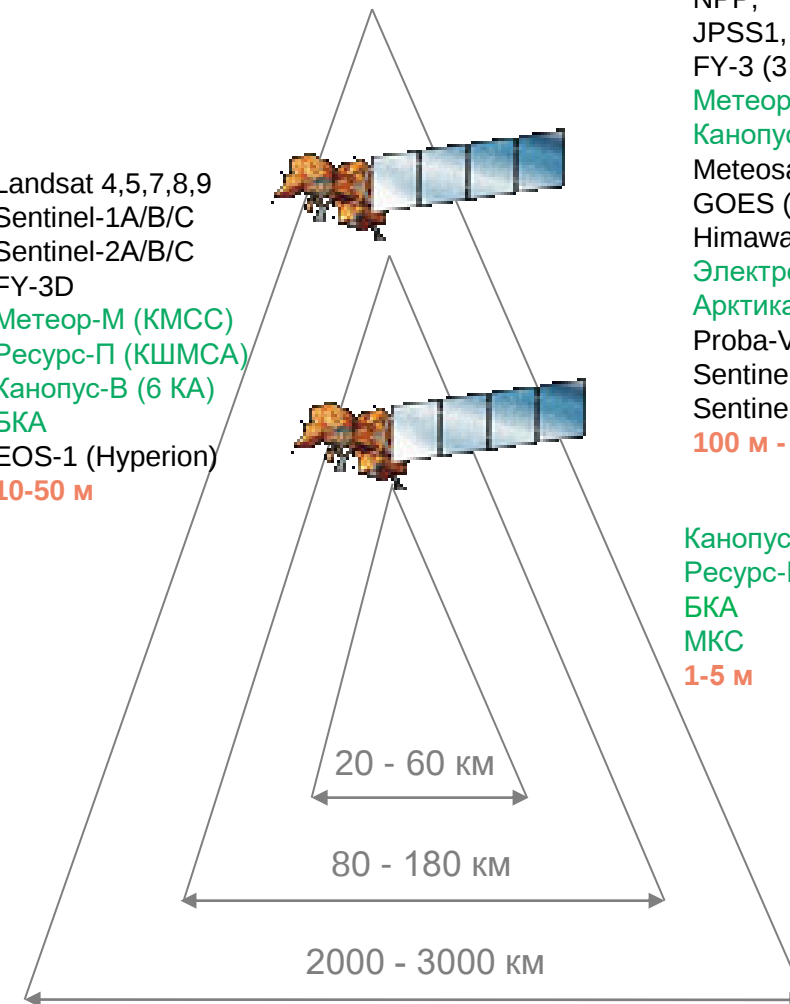


Landsat 4,5,7,8,9
Sentinel-1A/B/C
Sentinel-2A/B/C
FY-3D
Метеор-М (КМСС)
Ресурс-П (КШМСА)
Канопус-В (6 КА)
БКА
EOS-1 (Hyperion)
10-50 м



NOAA (4 КА),
Terra,
Aqua,
NPP,
JPSS1, JPSS2
FY-3 (3 КА)
Метеор-М (4 КА)
Канопус-В-ИК
Meteosat (3 КА),
GOES (2 КА)
Himawari-8/9
Электро-Л (3 КА)
Арктика-М (2 КА)
Proba-V
Sentinel-3A/B
Sentinel-5P
100 м - 10 км

Канопус-В (6 КА)
Ресурс-П
БКА
МКС
1-5 м

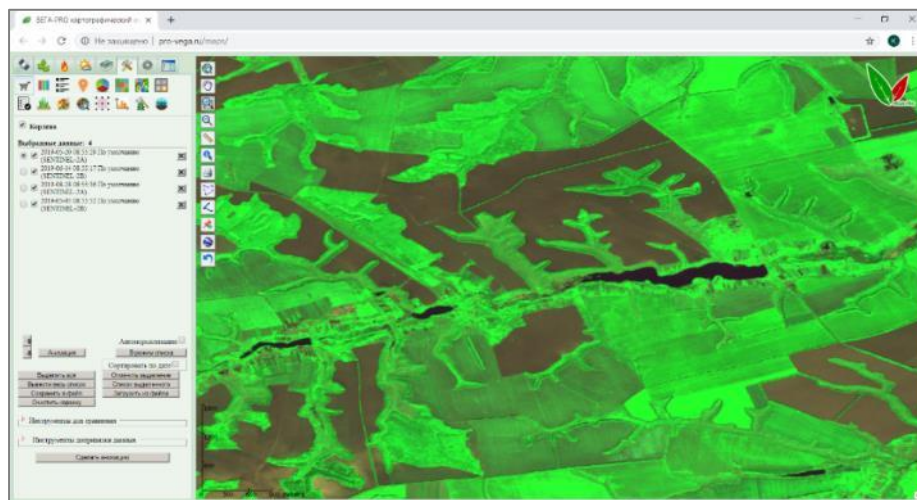


- Зеленым выделены российские и белорусские спутниковые системы

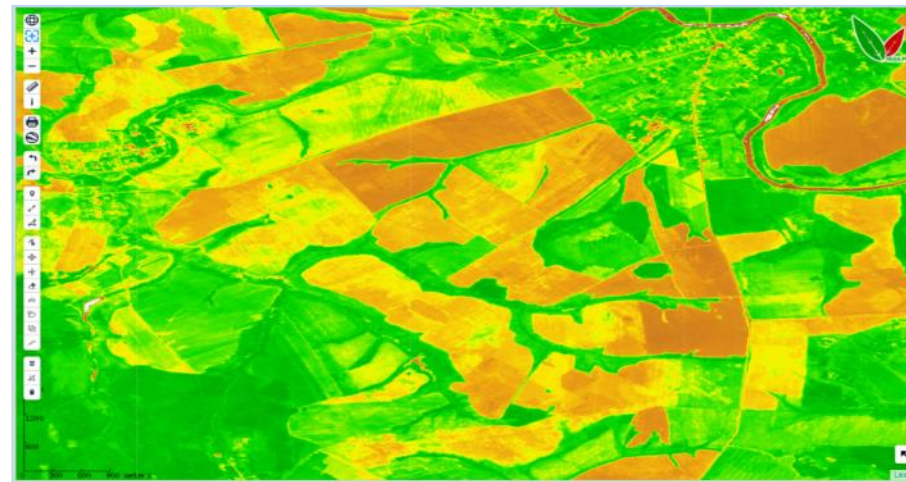
* Система также позволяет работать с различными данными, загружаемыми пользователями

Возможности работы с разными данными

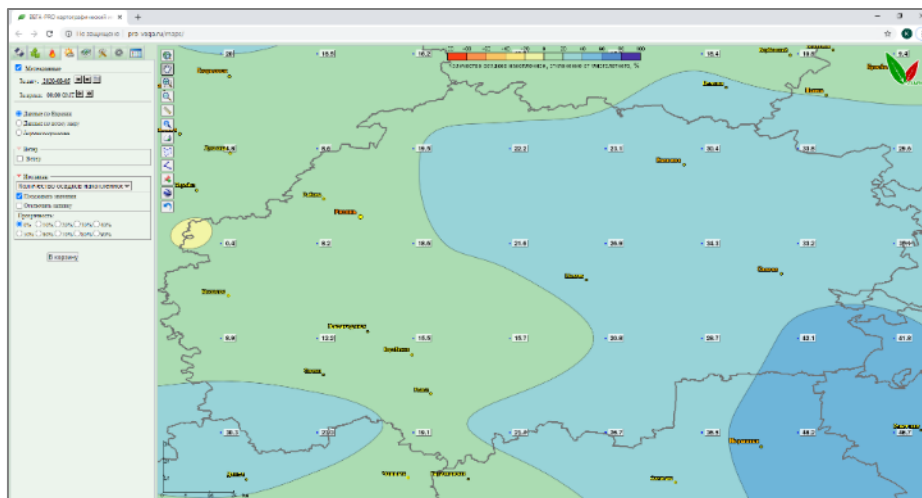
Спутниковые данные среднего и высокого разрешения



Ежемесячные композиты вегетационного индекса NDVI



Метеорологические данные



Инструменты анализа данных





ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
РАН



ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ЗЕМЛИ



Спасибо за внимание !