



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Докладчик: Дубровин Константин Николаевич

Фомина Елизавета Андреевна

Бордаков Артём Сергеевич

(Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск)



# Учёт и введение в оборот пахотных земель

ДАЛЬНИЙ ВОСТОК / ГЛАВНЫЕ СОБЫТИЯ    18 сентября 2024 г. 09:05

## Хабаровский край к 2027г за счет мелиорации введет в оборот 5,8 тыс. га сельхозземель



© РИА Новости. Юрий Лашов

Хабаровск. 18 сентября. ИНТЕРФАКС - Власти Хабаровского края до 2027 года планируют восстановить 5,8 тыс. га сельскохозяйственных земель, сообщает пресс-служба правительства региона.

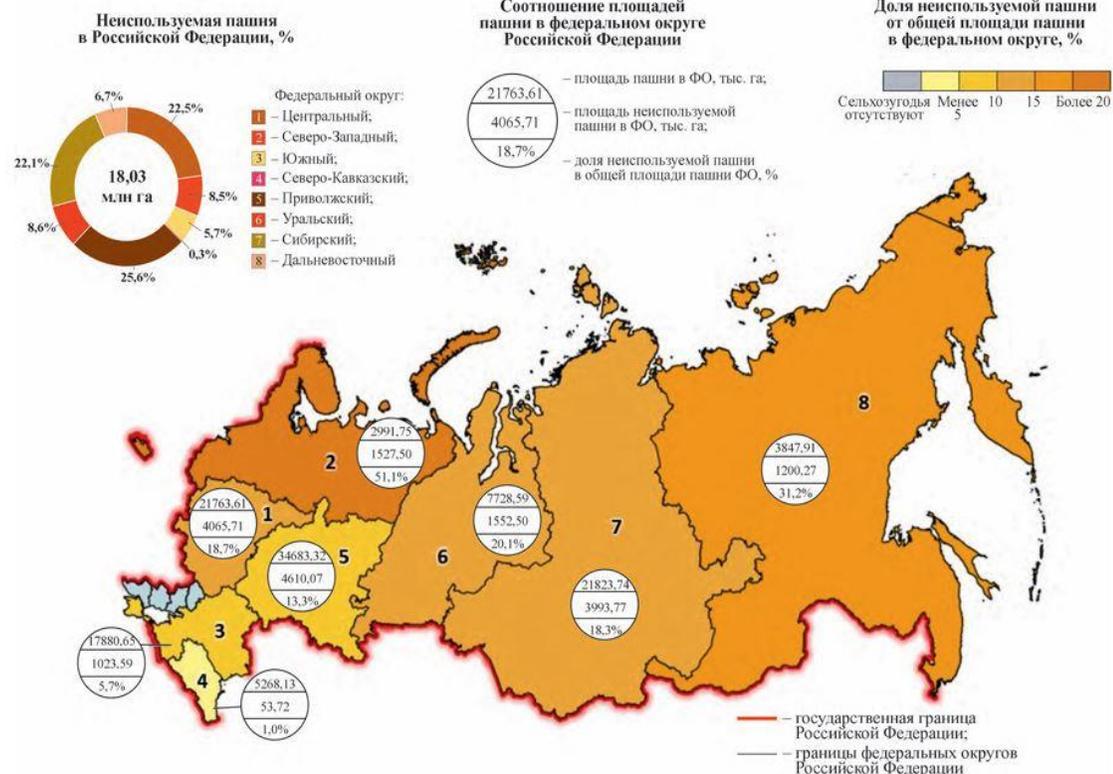


Рис. 1.5.7. Неиспользуемая пашня в федеральных округах Российской Федерации в 2022 г.

# Сложность получения данных о пахотных землях



Нежелание сельскохозяйственных производителей предоставлять сведения о своих землях



Труднодоступность земель с/х назначения



Ограничения на использование БПЛА

# Отсутствие данных о севообороте

**ЕФИС ЗСН**

**ГОСМОНИТОРИНГ** Россия / Дальневосточный федеральный округ / Хабаровский край / Хабаровский муниципальный район

**СПРАВОЧНИКИ** 2022

Реестр полей

**ОРГАНИЗАЦИИ** Факт План План/факт

Список

**ОТЧЕТЫ** Соотношение планируемых и фактических полей, занятых под различными культурами, в разрезе муниципальных образований

**Севооборот**

Культура	Планируемая площадь посева, га	Фактическая площадь посева, га	Отклонение, %
<b>Итоги</b>	12	12	0
▼ соя	12	12	0
Хабаровский муниципальный район	12	12	0

**МОНИТОРИНГ** Спутниковые снимки, Мониторинг ДЗЗ, Объекты мониторинга

**ПОЧВЫ**

**СХ УГОДЬЯ** Россия / Дальневосточный федеральный округ / Хабаровский край / Хабаровский муниципальный район

**СПРАВОЧНИКИ** 2021

Реестр полей

**ОТЧЕТЫ** Факт План План/факт

**Севооборот**

Несоответствия

Ведение органического сельского хозяйства

Все виды угодий

Виды угодий по сезонам

Сводный отчет

Изменение показателей

**МОНИТОРИНГ** Спутниковые снимки, Vegetационный индекс, Мониторинг ДЗЗ, Объекты мониторинга, Данные о погоде

Фильтры: Площадь, занимаемая различными культурами, в субъекте федерации, га

Нет данных

Площадь, занимаемая различными культурами, в разрезе муниципальных образований, га

Муниципальное образование Культура

Нет данных

Соотношение территорий, занятых под различными культурами, в разрезе муниципальных образований, га

Нет данных

Количество и площадь полей, занятых под различными культурами, в разрезе муниципальных

# Неверно указана культура

ЕФИС ЭСН

Госмониторинг

Общая информация

История версий

Уровень орошения

История организаций

Документы

СВОБОРОТ

План / Факт

МОНИТОРИНГ

Вегетационный индекс

Сравнение года вегетационных индексов

Сравнение NDVI со средним значением NDVI с аналогичными погодными условиями

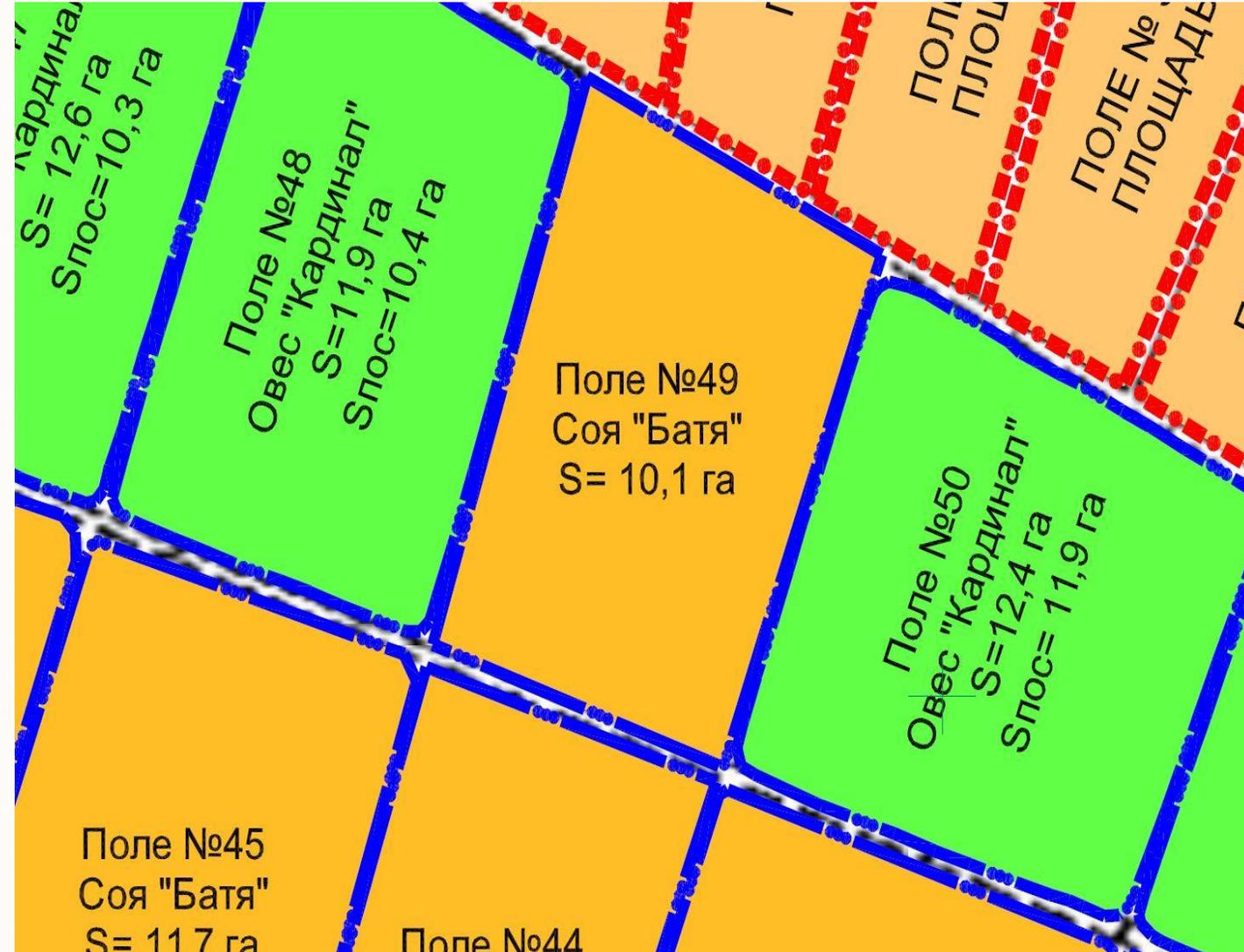
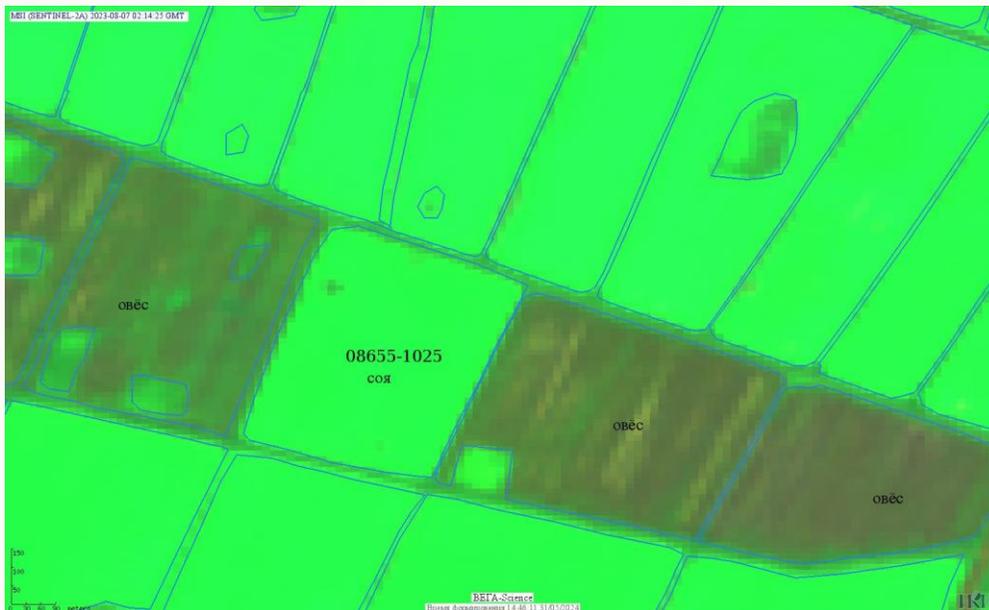
АКС

Обследования

Период	Культура, план	Культура, факт	Площадь, сов. га	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Валовый сбор, ц	ИНН
2024	нет данных	овес	10,1	10,44	нет данных	нет данных	27200
2023	овес	овес	10,44	10,44	0	0	0
2020	нет данных	соя	10,48	10,44	13,1	137,28	0
2019	нет данных	нет данных	10,48	10,44	нет данных	нет данных	0
2018	нет данных	соя	10,43	10,44	14,4	150,24	нет д.
2018	нет данных	соя	10,43	10,44	14,4	150,24	нет д.

Фильтр Экспорт Добавить культуру

Стр. 1 из 1 (8 эк.)



# Неактуальные контуры полей в ЕФИС

ЕФИС ЭСН

ГОСМОНИТОРИНГ

Республика Дагестан Республика Дагестан

Сабуровский район Сабуровский район

Табаровский муниципальный район 08055-1127

ПОЛЕ

Общая информация  
История земель  
История изменений  
История организаций  
Документы

СЕВОБОРОТ

План / Факт

МОНИТОРИНГ

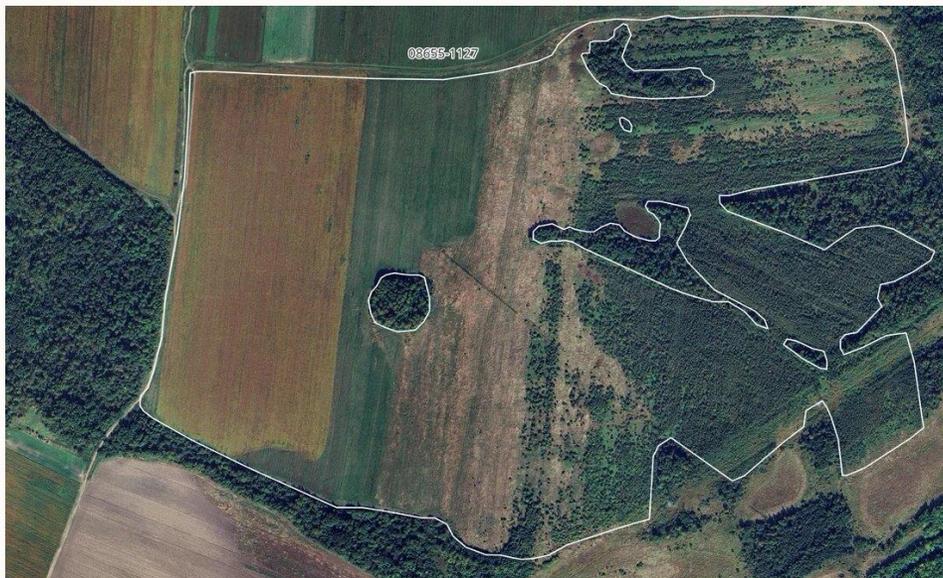
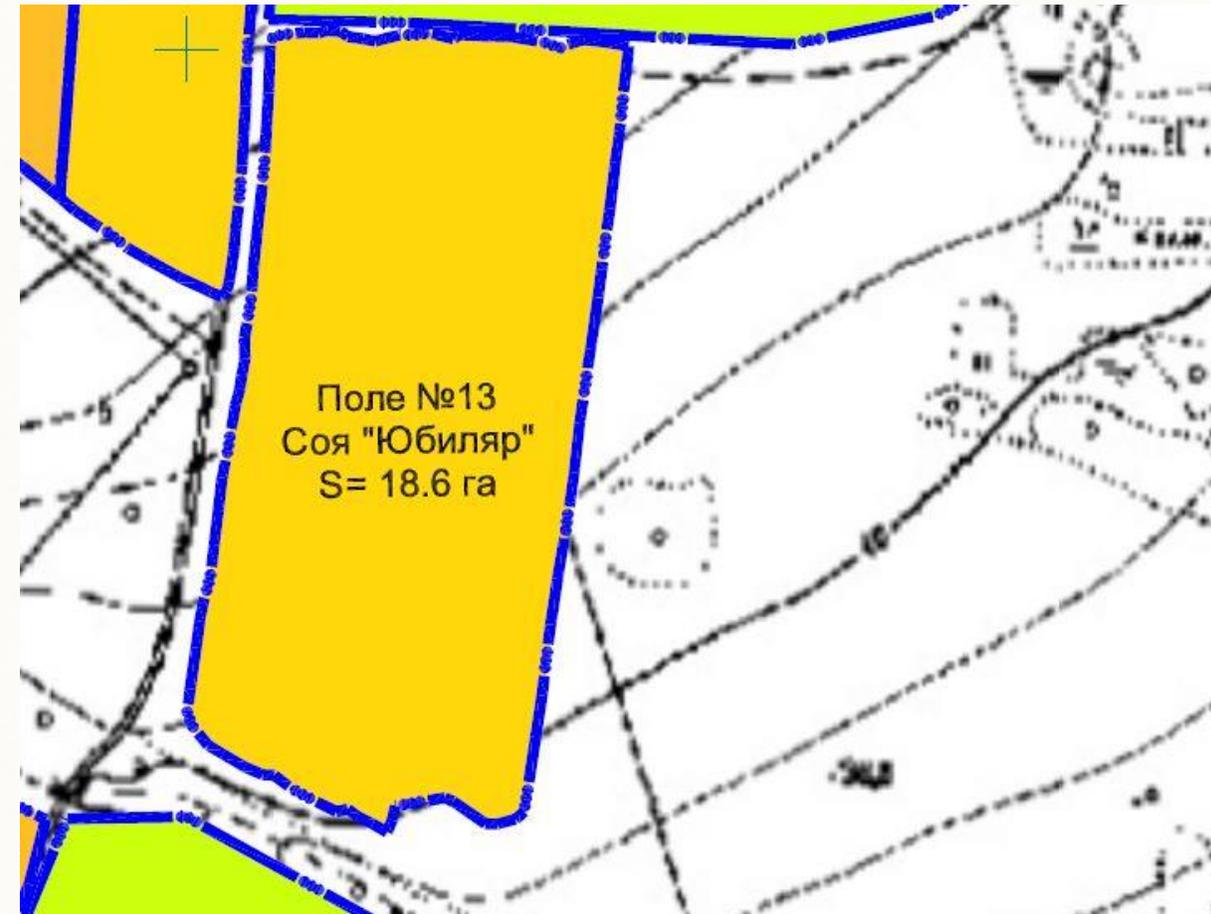
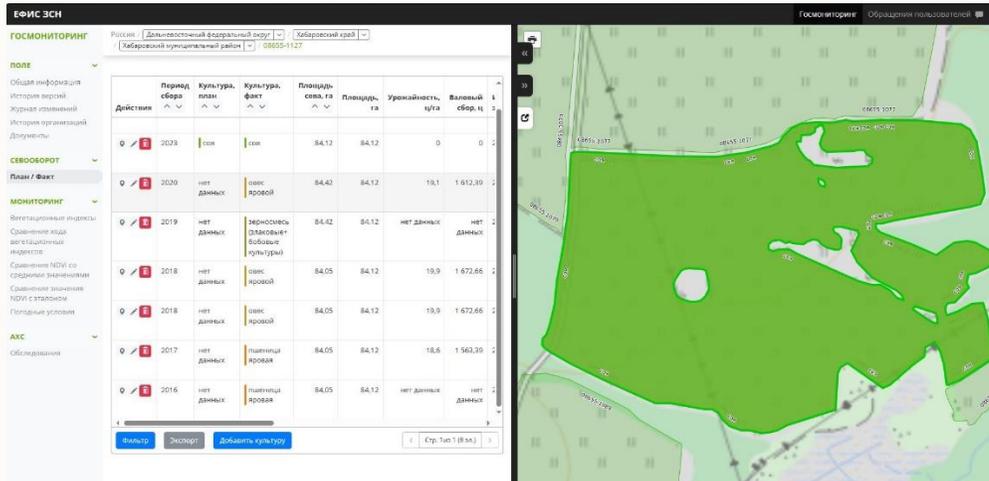
Вегетационные индексы  
Сравнение кода вегетационных индексов  
Сравнение NDVI со средними значениями  
Сравнение площади NDVI с кадастровой  
Погодные условия

АКС  
Облачные снимки

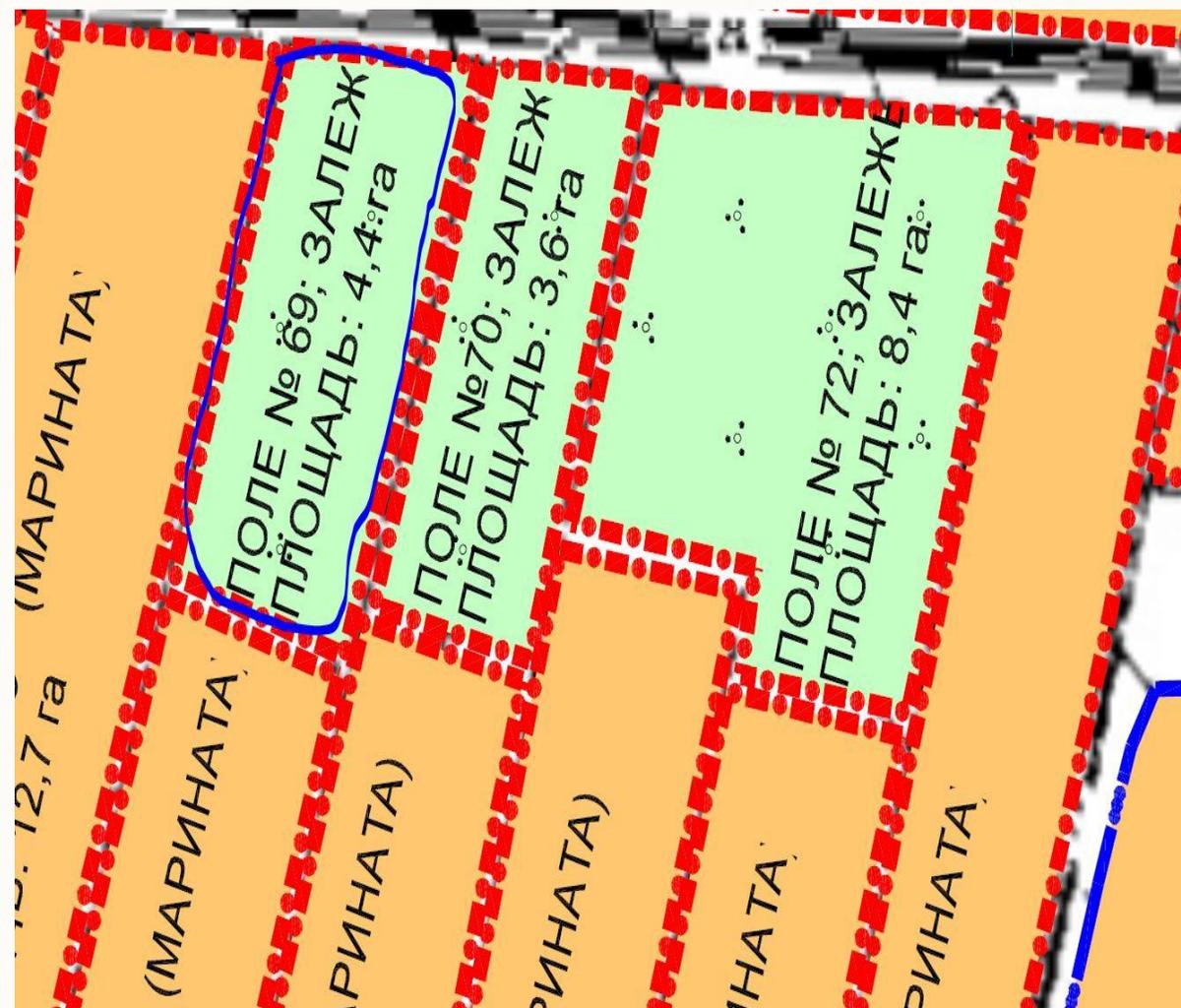
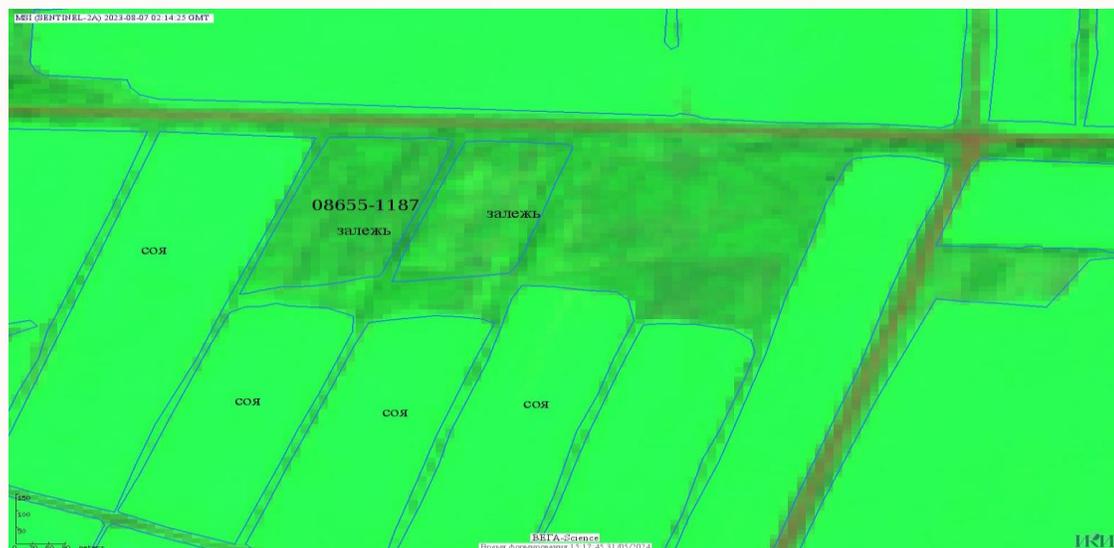
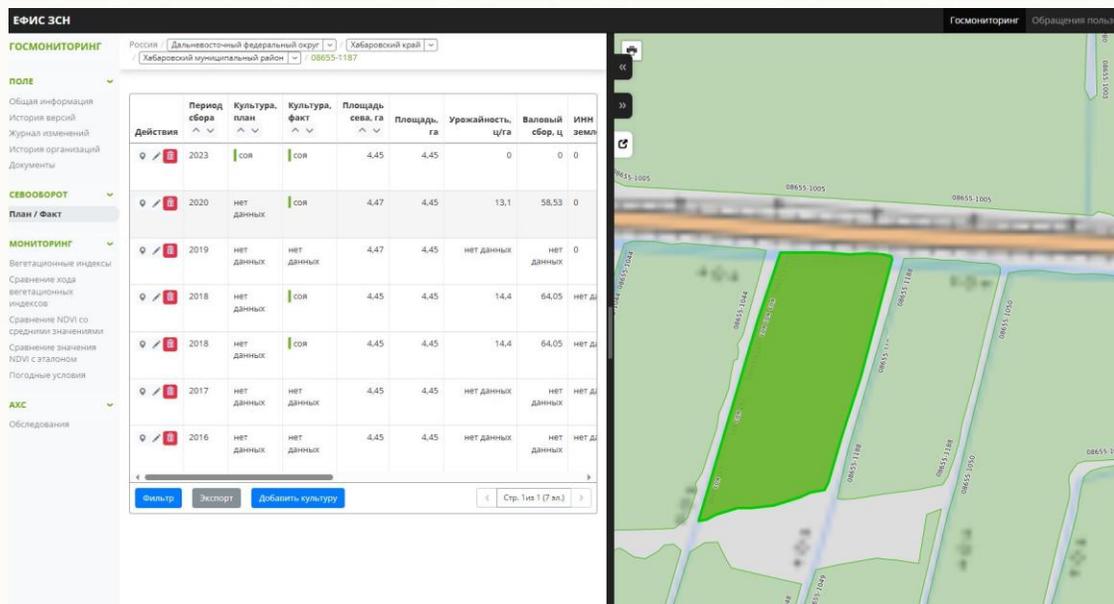
Период сбора	Культура, лес	Культура, факт	Площадь, кв. м	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Валовый сбор, ц
0	2023	соя	84,12	84,12	0	0
0	2020	нет данных	84,42	84,12	19,1	1 612,30
0	2019	нет данных	84,42	84,12	нет данных	нет данных
0	2018	нет данных	84,05	84,12	19,9	1 672,66
0	2018	нет данных	84,05	84,12	19,9	1 672,66
0	2017	нет данных	84,05	84,12	18,6	1 563,30
0	2016	нет данных	84,05	84,12	нет данных	нет данных

Фильтр Экспорт Добавить культуру

Стр. 1 из 1 (8 стр.)



# Неучтённые залежи



# Мониторинг пахотных земель с использованием данных ДЗЗ и методов машинного обучения



# Данные дистанционного зондирования Земли для решения задач мониторинга

## Оптические

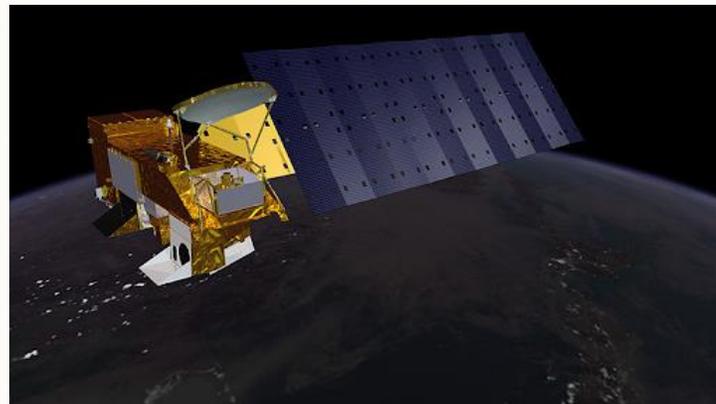
Временные ряды NDVI

Спутники: Sentinel-2A/B, Terra

Частота съёмки: 4 снимка за 10 дней (Sentinel-2), 2 снимка в день (Terra)

Пространственное разрешение: 10 м. (Sentinel), 250 м. (Terra)

Влияние облачности на качество данных



## Радиолокационные

Временные ряды DpRVI

Спутник: Sentinel-1B

Частота съёмки: 1 снимок в 12 дней

Пространственное разрешение: 20 м.

Отсутствие данных, начиная с 2022 года

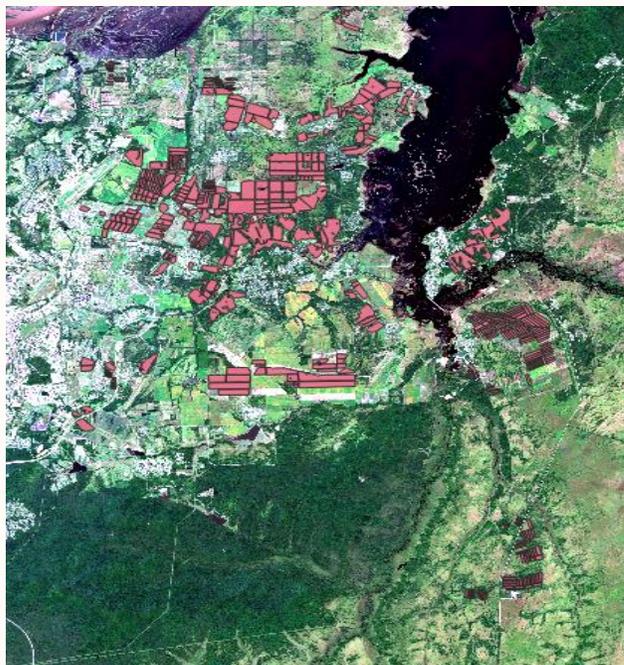
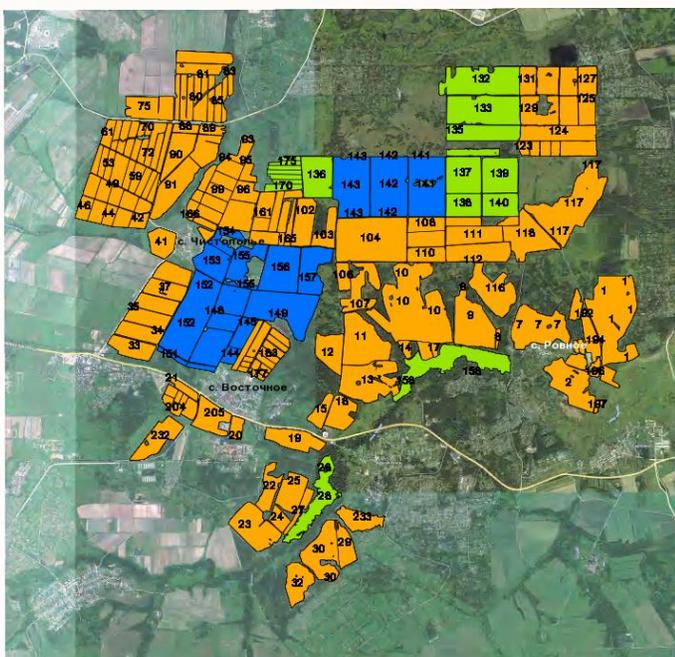
# Составление карт пахотных земель с использованием спутниковых данных и машинного обучения



- получение и предобработка спутниковой информации,
- сбор информации о сельскохозяйственных угодьях,
- создание непрерывных временных рядов индекса вегетации,
- формирование датасетов,
- машинное обучение,
- формирование карты и масок сельскохозяйственных культур,
- оценка точности классификации,
- сравнение с данными официальной статистики.

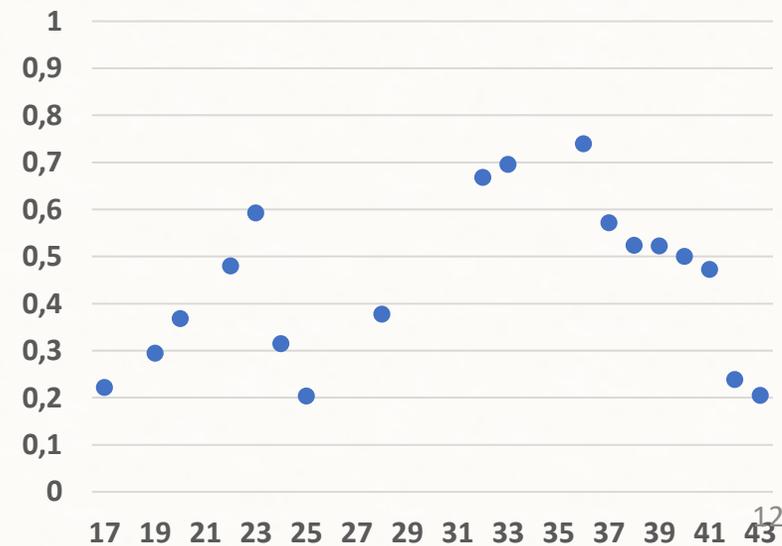
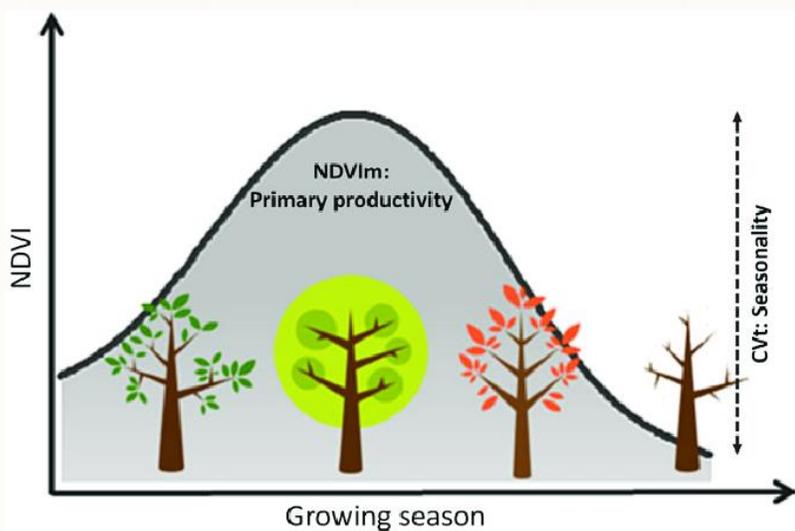
# Площадь исследуемых полей, га

Год	Залежь	Соя	Зерновые культуры	Многолетние травы	Гречиха	Кукуруза	Всего
2021	1335	1093	27	47	203	-	2705
2022	1552	4237	1334	410	291	173	7997
2023	390	5866	1590	424	358	335	8963



# Предварительная обработка спутниковых данных

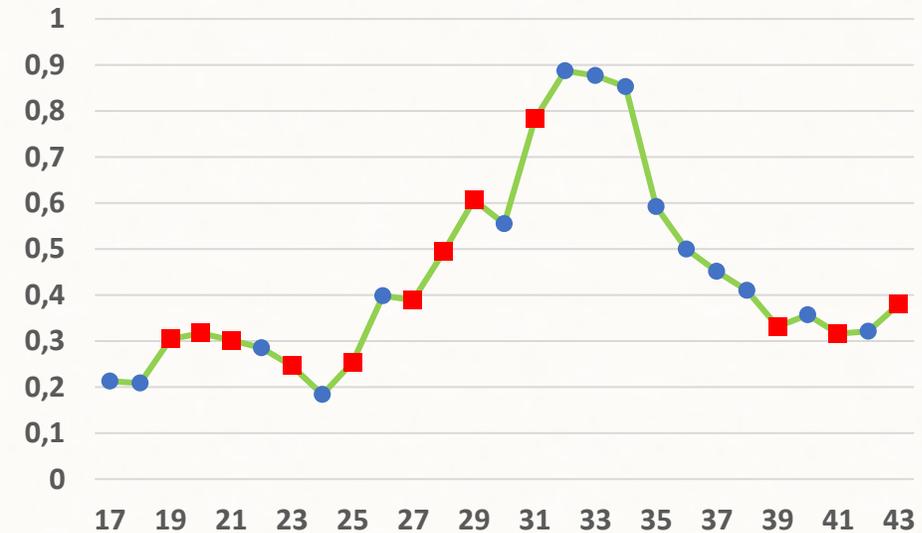
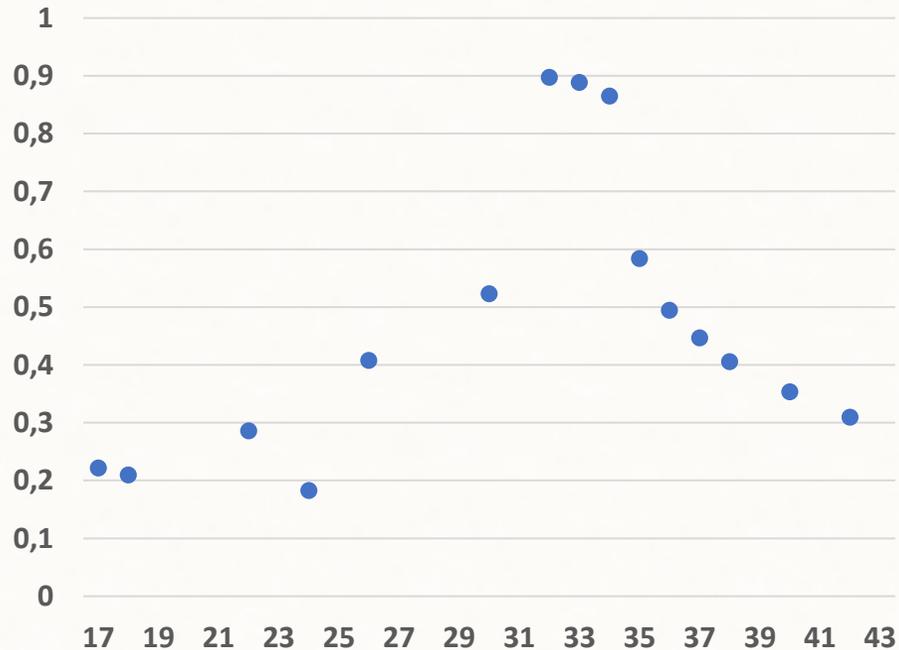
- Расчёт значений NDVI с использованием каналов RED и NIR в пределах исследуемых полигонов
- Применение масок облачности на каждую дату
- Фильтрация аномальных значений (для каждого полигона)
- Расчёт значений недельных композитов



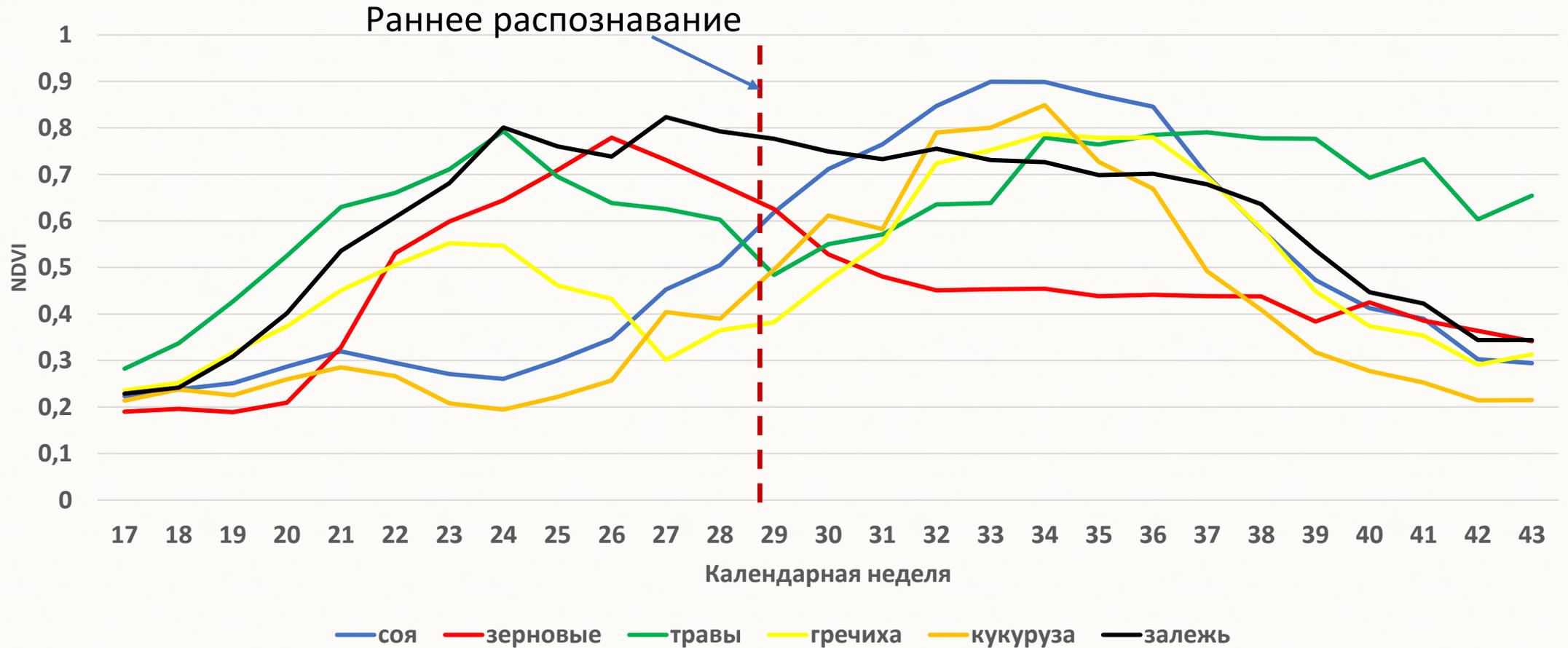
# Восстановление временных рядов

Аппроксимация с использованием рядов Фурье

$$y = a_0 + a_1 \cos(xw) + b_1 \sin(xw) + a_2 \cos(2xw) + b_2 \sin(2xw)$$

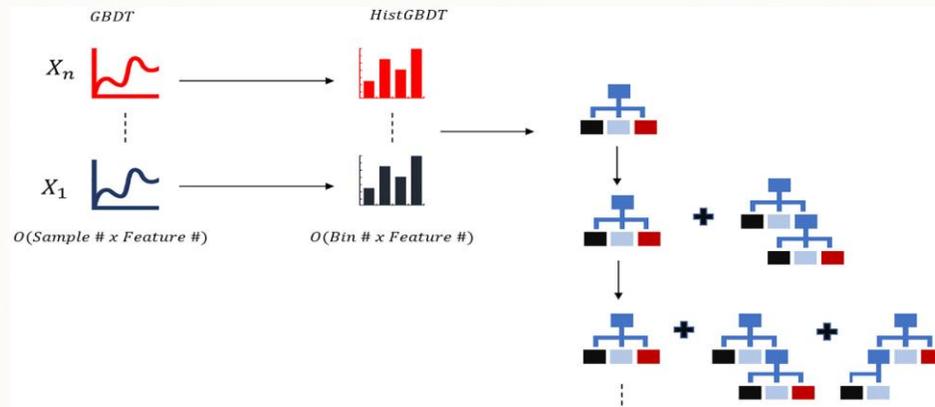


# Сезонный ход NDVI для исследуемых культур и залежи



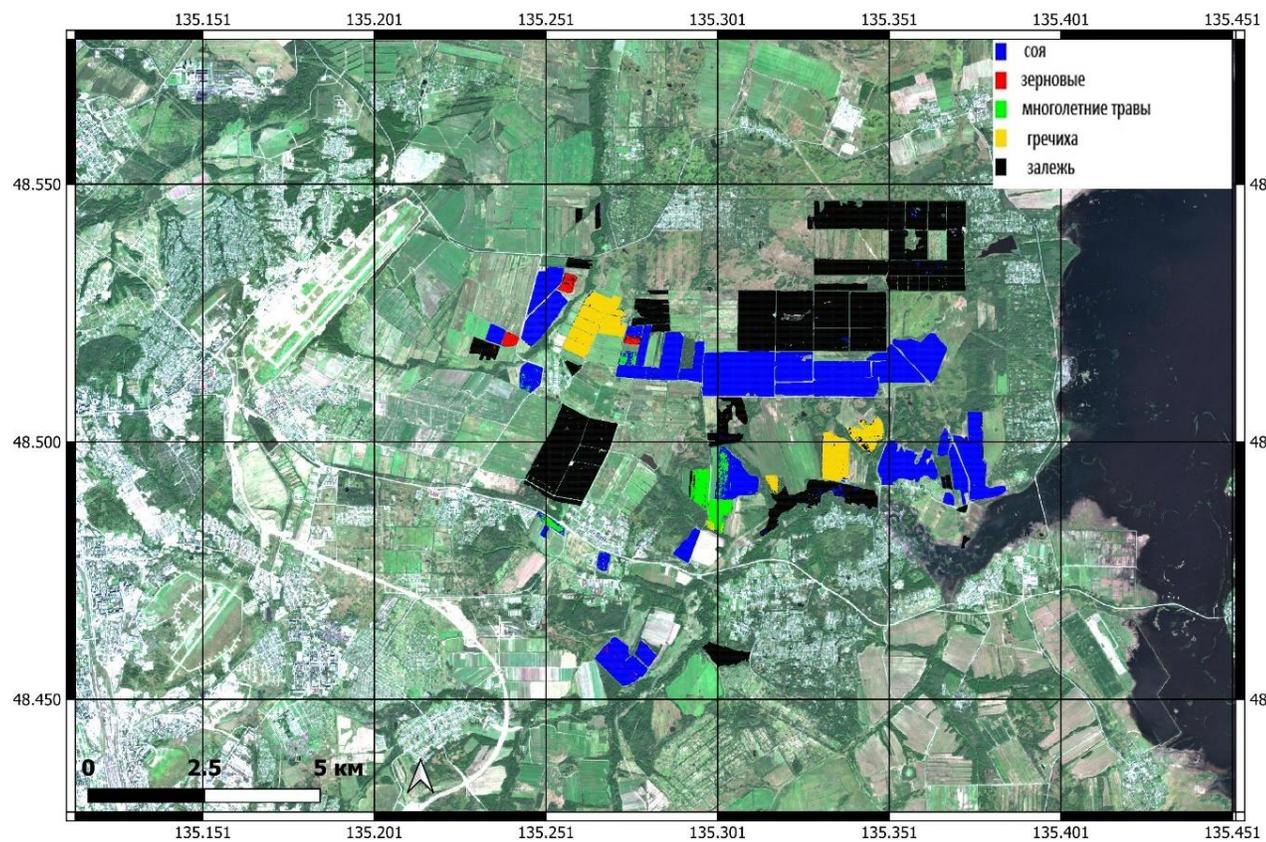
# Машинное обучение

- Гистограммный градиентный бустинг (HGB)
  - Точность классификации значительно не отличается от RF (Random Forest)
  - Скорость выше, чем в 10 раз (по сравнению с RF)
  - Есть реализация на языке Python
- Кросс-валидация для объективной оценки общей точности (ОА) и метрик F1 для каждого класса

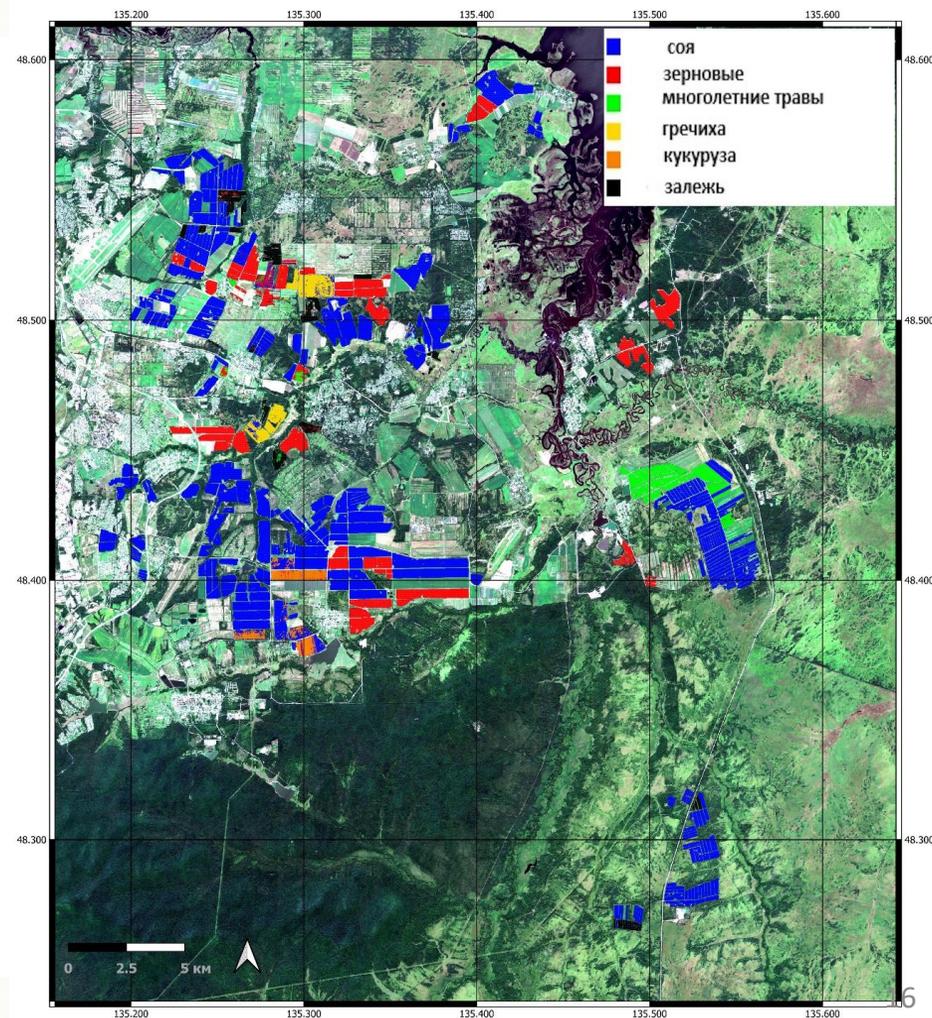


# Карты исследуемых полей

Карта земель ДВ НИИСХ за 2021 год



Карта полей Хабаровского района за 2023 год



# Оценка точности распознавания

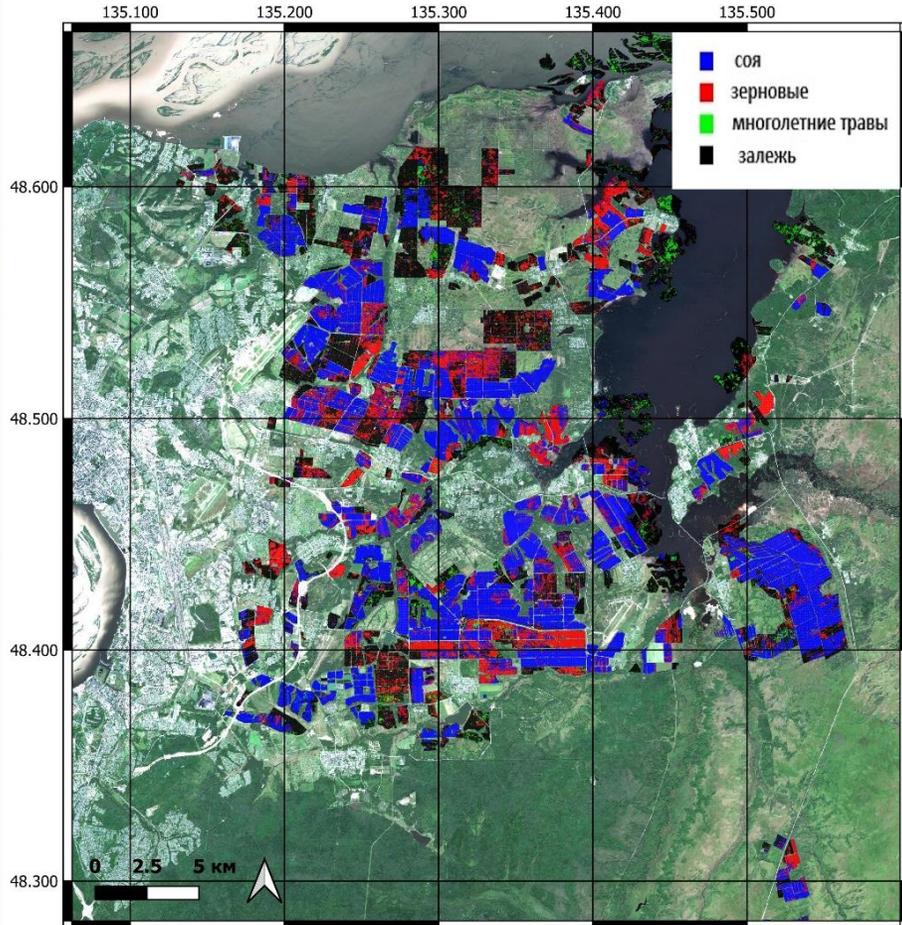
Год	ОА, %	Залежь	Соя	Зерновые	Многолетние травы	Гречиха	Кукуруза
2021	97,3	0,99	0,98	0,86	0,74	0,96	-
2021 (раннее)	92,2	0,97	0,97	0,46	0,41	0,94	-
2022	96,3	0,96	0,98	0,96	0,94	0,94	0,65
2022 (раннее)	88,6	0,93	0,94	0,81	0,81	0,44	0,30
2023	96,3	0,94	0,98	0,97	0,94	0,85	0,75
2023 (раннее)	88	0,9	0,92	0,84	0,89	0,59	0,37

# Восстановление сведений о севообороте по

## МНОГОЛЕТНИМ ДАННЫМ

Обучение по данным за 2021-2023 годы

Карта пахотных земель района за 2019 год

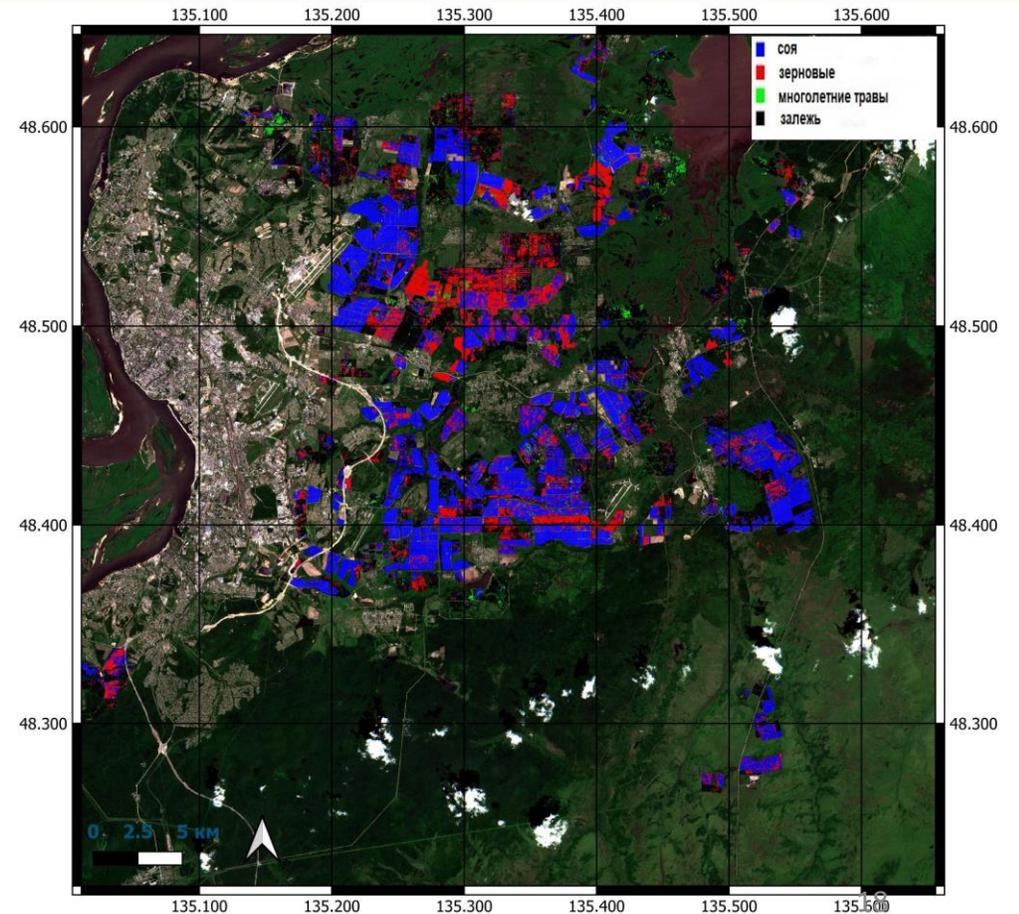


Классификация в  
контурах полей  
ЕФИС  
ЗСН Хабаровского  
района

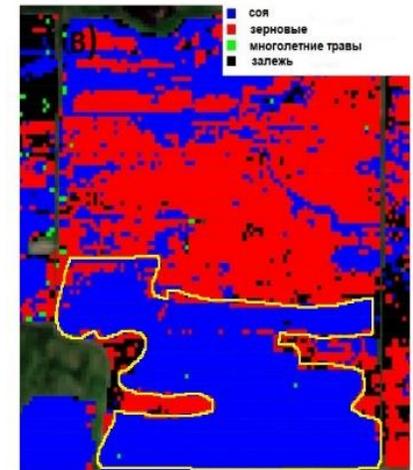
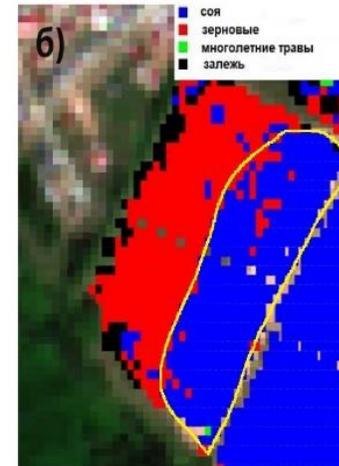
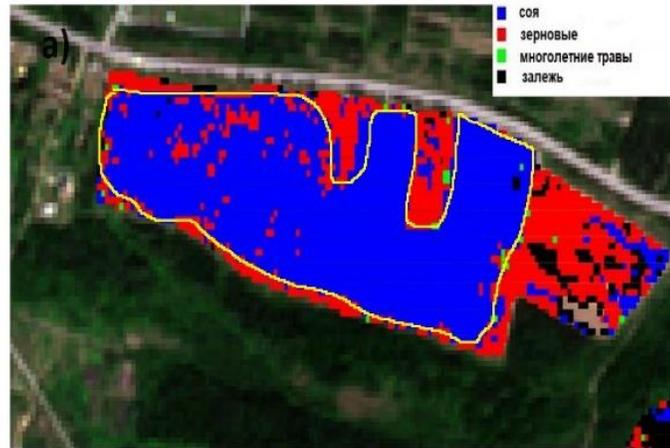
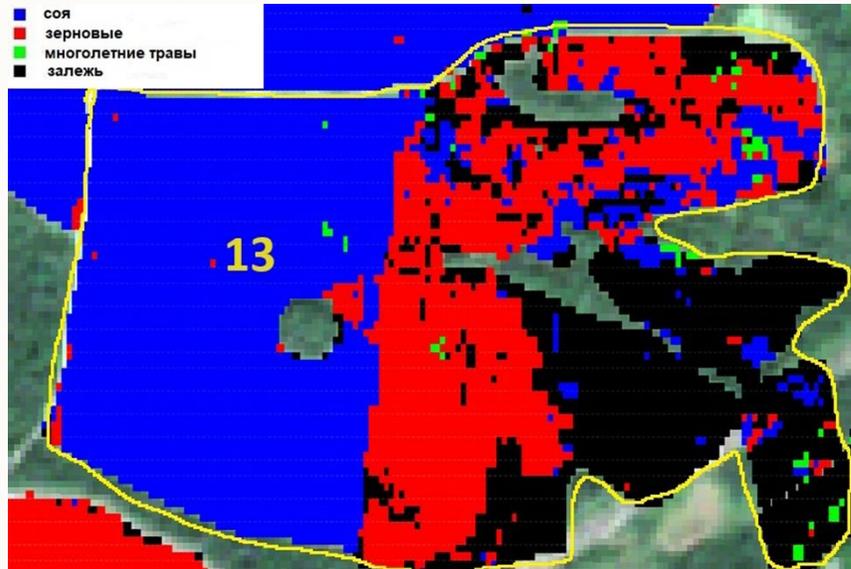
1439 полей  
28550 га  
Более 2,5 млн.  
пикселей  
4 класса

Более 1,5 млн.  
пикселей для  
обучения

Карта пахотных земель района за 2020 год

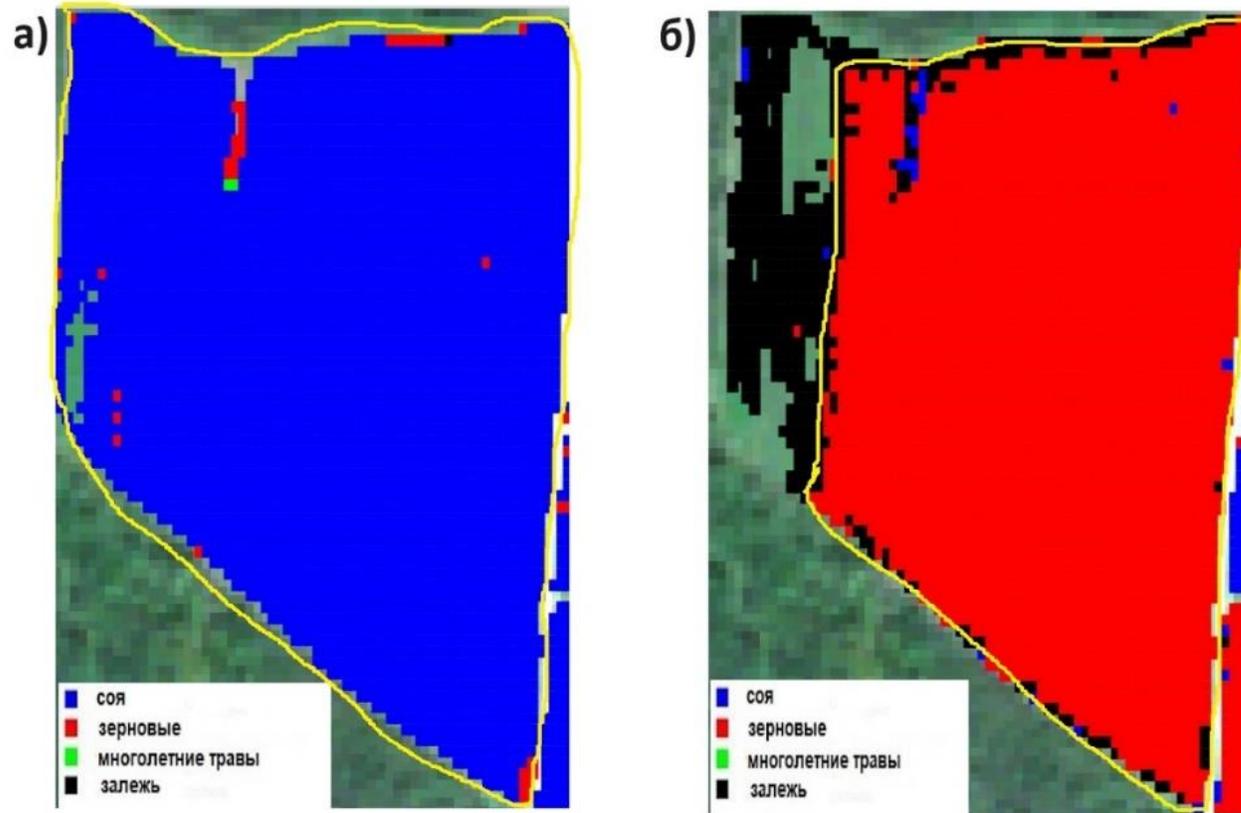


# Построение масок сои



- Посевы сои в 2019-2020 гг. занимали 9220-9225 га
- Эта площадь меньше оценки Росстата на 14 % и значительно меньше оценки ЕФИС (почти на 30 %)

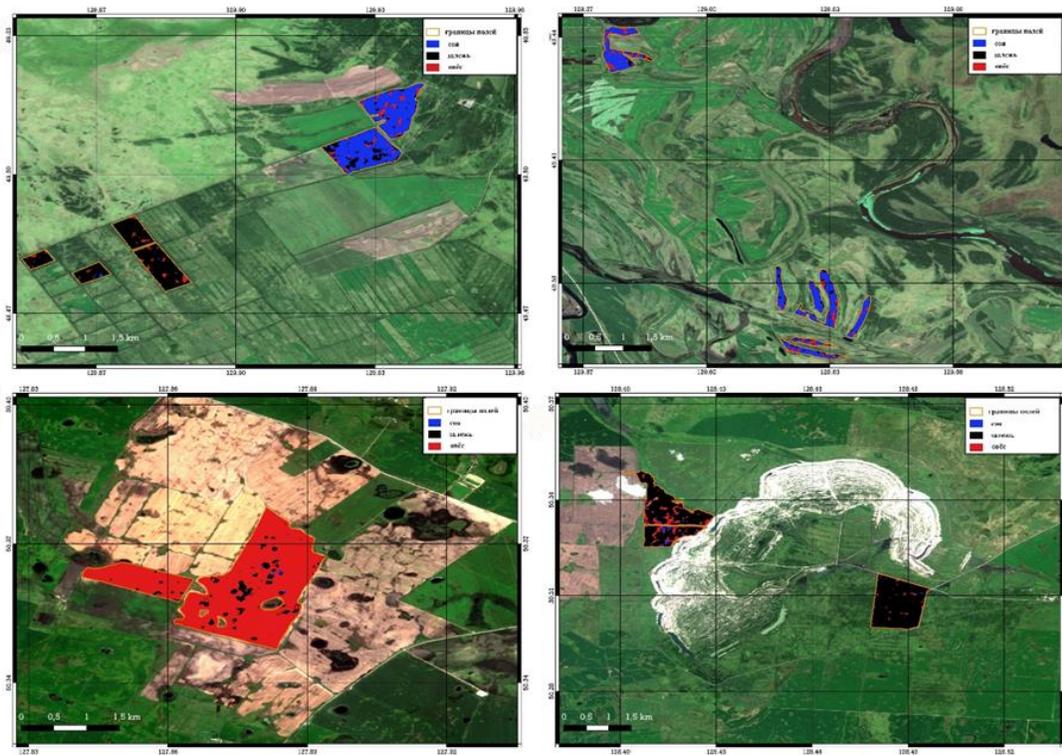
# Выявление залежи



Оценочная площадь неиспользуемой пашни в Хабаровском районе составила 5132 га в 2019 г. и 4659 га в 2020 г. Объем залежи превышает 25 % от площади заявленной пашни.

а) поле в 2019 году, б) поле в 2020 году

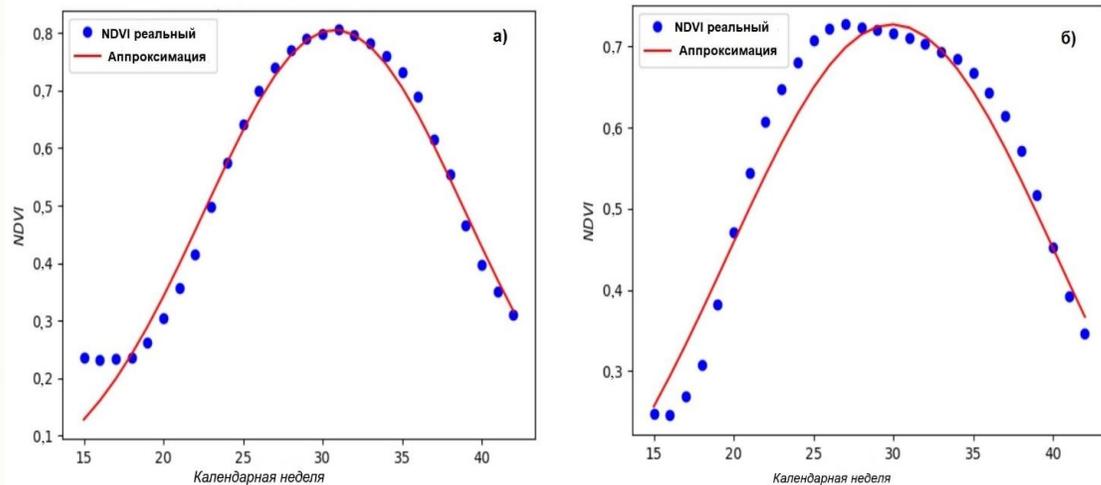
# Использование данных SAR (временных рядов DpRVI) для распознавания с/х культур



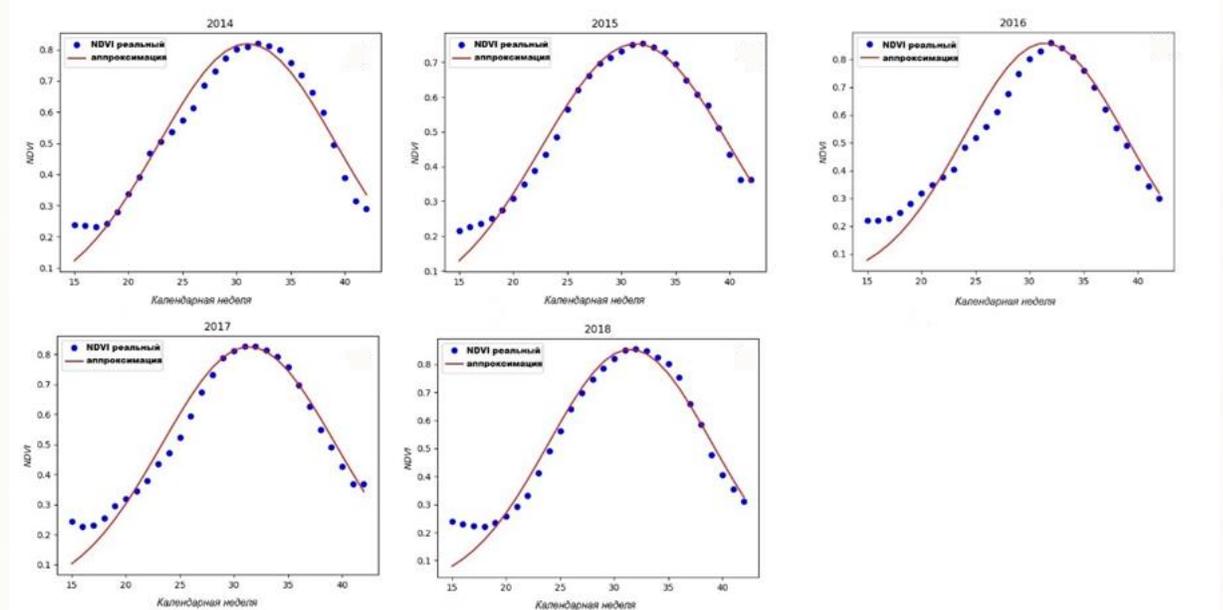
- Данные SAR устойчивы к облачным явлениям
- Распознавание сои, овса и залежи
- Обучение на полях Хабаровского края (2021 год)
- Тестирование на полях Амурской области (2021 год)
- Общая точность распознавания составила 83,1 %

# Прогнозирование урожайности сои на муниципальном уровне с использованием данных ДЗЗ и метеорологических характеристик

- Недельные композиты MODIS NDVI за период вегетации (2010-2019) из веб-сервиса Vega-Science
- Маска пахотных земель для муниципального образования



Временные ряды (а – для пашни ДВ НИИСХ, б) для маски пахотных земель) и результат их аппроксимации



Временные ряды для полей с соей (и результат их аппроксимации)

# Факторы, влияющие на урожайность сои

- $x_1$  – максимальное значение NDVI по маске пахотных земель муниципалитета;
- $x_2$  – гидротермический коэффициент Селянинова;
- $x_3$  – количество дней с активной вегетацией;
- $x_4$  – сумма среднесуточных температур верхнего слоя почвы (глубина до 10 см) , °С;
- $x_5$  – средняя влажность верхнего слоя почвы (глубина до 10 см), %;
- $x_6$  – показатель фотосинтетически активной радиации (ГДж\*м<sup>2</sup>).

$$y = -8.24 + 9.39x_1 + 0.036x_3$$

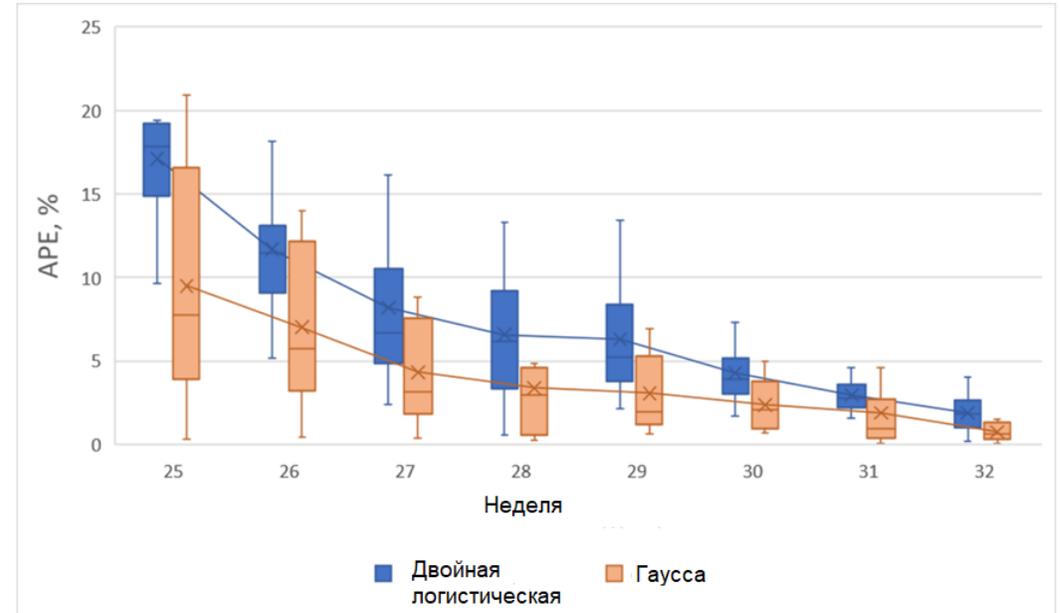
Ошибка кросс-валидации 7,8 %. Ошибка прогнозирования на 2019 год – 6,3 %.

# Прогнозирование максимума NDVI

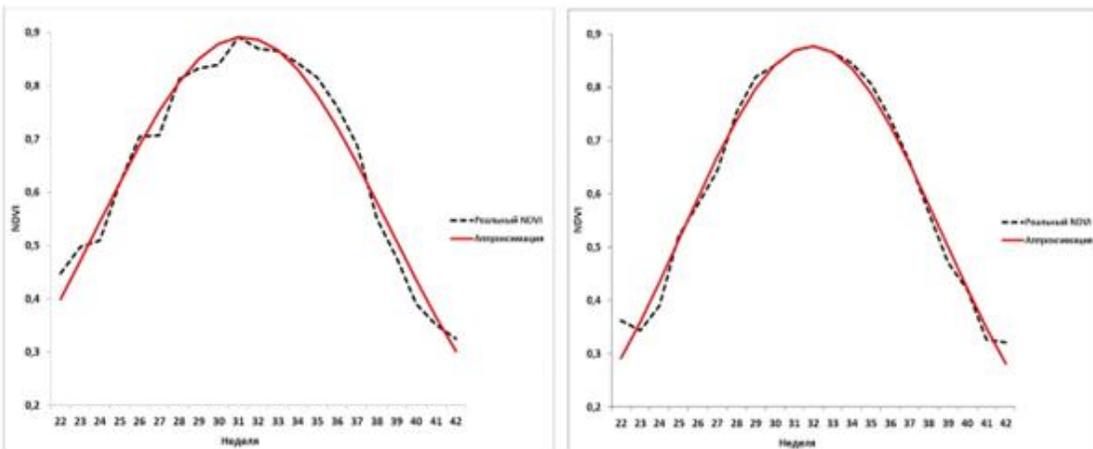
Функция Гаусса

$$NDVI_{max}^{pred} = \frac{NDVI_i}{e^{-\frac{(i-b)^2}{2c^2}}}$$

где  $NDVI_i$  – значение NDVI в неделю  $i$ ,  
 $NDVI_{max}^{pred}$  – прогнозируемый максимум,  $b$   
и  $c$  – параметры функции, характеризующие  
неделю пика и его ширину, соответственно.



**Параметры функций определяются за 5 лет, предшествующих прогнозируемому году**



# Раннее прогнозирование урожайности сои

## Регрессионные модели для прогнозирования урожайности на районном уровне

$$y = -3.41 + 3.53NDVI_{max} + 0.015D$$

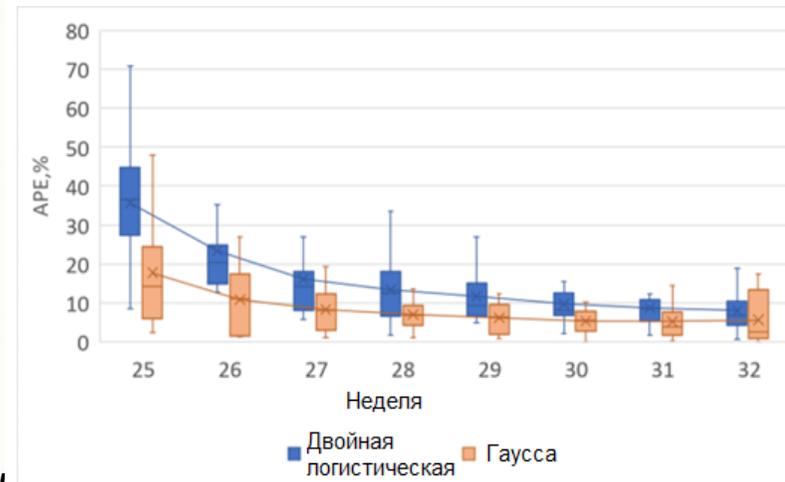
(Ленинский р-н ЕАО)

$$y = -2.23 + 1.94NDVI_{max} + 0.017D$$

(Октябрьский р-н ЕАО)

- $y$  – урожайность сои, т/га;
- $NDVI_{max}$  – значения максимума  $NDVI$  пахотных земель;
- $D$  – количество дней с активными температурами от начала вегетации до недели с  $NDVI_{max}$ .

## Оценка точности прогнозирования урожайности



Неделя	P-value	RMSE, т/га	
		Гаусса	ДЛ
25	P<0.05	0.23	0.40
26	P<0.05	0.14	0.26
27	P<0.05	0.10	0.19
28	P<0.05	0.08	0.17
29	P<0.05	0.07	0.14
30	P<0.05	0.06	0.11

Уже на 27 неделе (первая декада июля), за 5–6 недель до достижения максимума возможно предсказание урожайности с точностью свыше 90 %

# Выводы

- Применение гистограммного градиентного бустинга в качестве метода классификации и сезонных рядов NDVI в качестве входных данных способствовало построению детальных, высокоточных (точность во все три года превысила 96 %) карт пахотных земель. Также была показана возможность данных SAR для распознавания культур.
- Доказана возможность раннего распознавания сельскохозяйственных культур в целях оперативного уточнения площадей посевов сельскохозяйственных культур – точность распознавания культур в июле находилась в районе 90 %.
- Созданные с использованием многолетних спутниковых данных маски позволяют уточнять количество задействованных в севооборотах полей и посевные площади сельскохозяйственных культур, определять состояние пахотных земель (неиспользуемые площади).
- Показана эффективность прогнозирования урожайности на уровне муниципальных образований с использованием данных ДЗЗ и метеорологических характеристик и возможность оценки урожайности за несколько недель до достижения максимума.

# Спасибо за внимание!

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ ( проект № 24-11-20030)

Дубровин Константин Николаевич

Научный сотрудник

Вычислительный центр ДВО РАН

г. Хабаровск



8 (909) 859-08-81



nobforward@gmail.com

