

Особенности перехода с MODIS на VIIRS в системах мониторинга сельскохозяйственной растительности

Толpin B.A., Matveev A.M., Plotnikov D.E.

Институт космических исследований РАН

Программы и приборы

Программа EOS

- Оба КА программы TERRA и AQUA выполнили последние штатные манёвры коррекции и постепенно уходят с запланированных орбит
- Срок окончания работы КА **TERRA** – **декабрь 2025**
- Срок окончания работы КА **AQUA** – **август 2026**

Программа JPSS

- Преемник программы EOS
- Включает в себя пять КА: Suomi NPP, NOAA-20 (JPSS1), JPSS2-4 с расчётным сроком работы 7 лет;
- Расчётная продолжительность программы – до 2038 г.

Ключевые особенности приборов

MODIS:

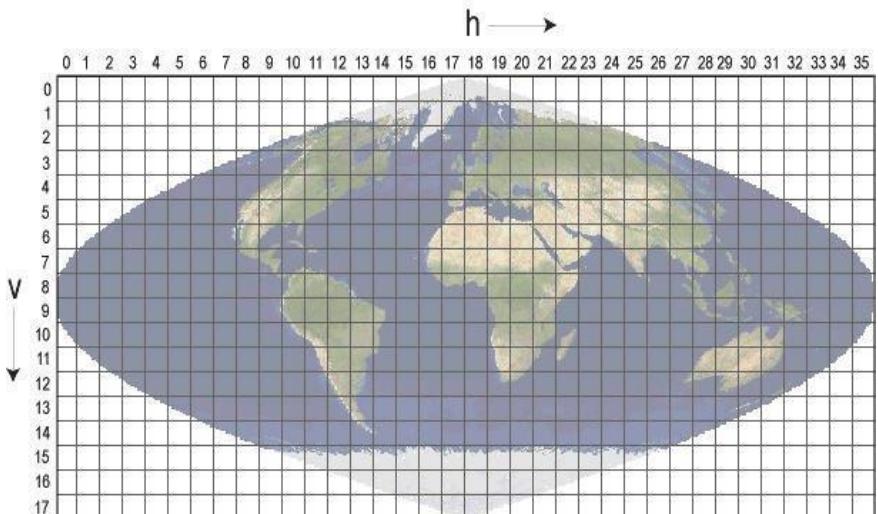
- 36 спектральных каналов разрешением 250 (2), 500 (5) и 1000 (29) метров
- Ширина полосы съемки 2300 км
- Утренняя и дневная орбиты, 2 раза в день

VIIRS:

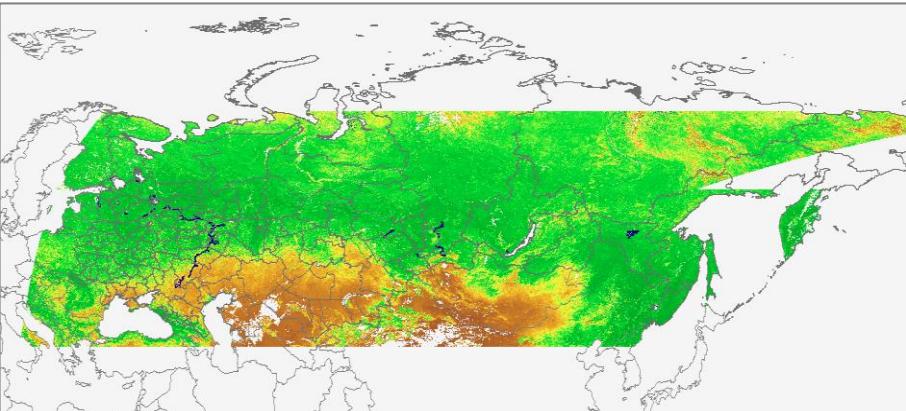
- 22 спектральных канала разрешением 375 (5) и 750 (17) метров, в т.ч. панхроматический канал 0,5 -0,9
- Ширина полосы съемки 3000 км
- Только дневные орбиты, 1-2 раза в сутки

Данные VIIRS

Данные VIIRS VNP09, для обеспечения преемственности с данными MODIS, загружаются до разрешения 500–1000 м и поставляются в том же пространственном разбиении, что и данные MODIS MOD09.



Архив ЦКП «ИКИ-Мониторинг» содержит данные VNP09 на всю доступную глубину и все действующие технологии обработки данных адаптированы для их использования.



Композитное изображение NDVI по данным VIIRS за 13 июля 2025 года.

По VIIRS в ИКИ РАН созданы безоблачные ежедневные композиты по двум спутникам с 2018 года. Их технология создания продолжает линейку продуктов MODIS. Они эквивалентны композитам MODIS по Terra и Aqua, что позволяет делать их сравнение в интервале с 2018 по 2025.

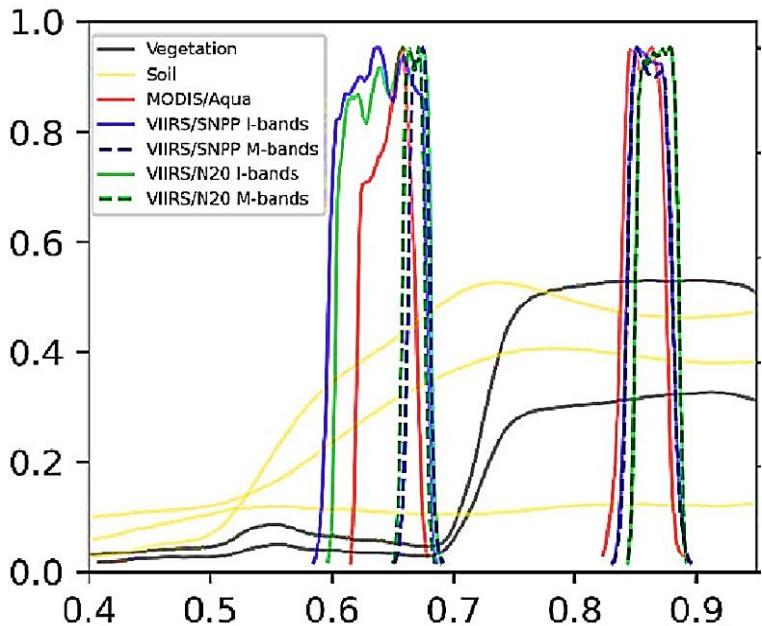
Статистика наличия данных в архивах
ЦКП «ИКИ-Мониторинг»,
глубина архива

JPSS	2018-01-05
JPSS1 (NOAA 20)	2018-01-05
JPSS2 (NOAA21)	2024-02-25
Suomi NPP	2008-10-01

Свойства приборов MODIS и VIIRS

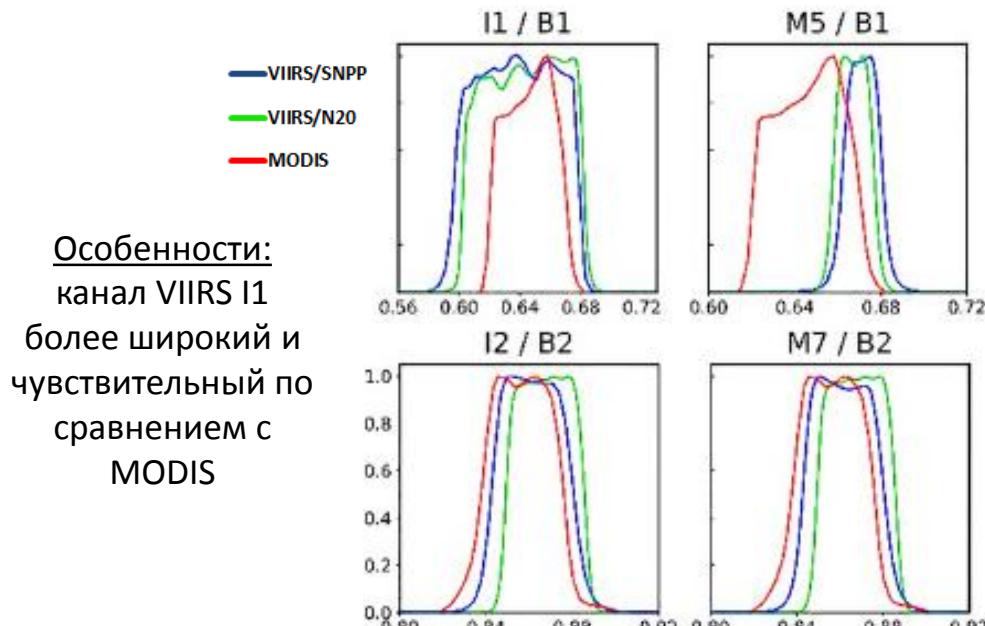
VIIRS Band	Range (μm)	Center Wavelength SNPP/N20 (μm)	HSR (m)	MODIS Aqua Band	Range (μm)	Center Wavelength (μm)	HSR (m)
M1	0.402–0.422	0.418/0.411	750	B8	0.405–0.420	0.412	1000
M2	0.436–0.454	0.445/0.446	750	B3	0.459–0.479	0.466	500
M3	0.478–0.498	0.489/0.489	750	B3	0.459–0.479	0.466	500
M4	0.545–0.565	0.551/0.557	750	B4	0.545–0.565	0.554	500
I1	0.600–0.680	0.638/0.643	375	B1	0.620–0.670	0.646	250
M5	0.662–0.682	0.671/0.668	750	B1	0.620–0.670	0.646	250
I2	0.846–0.885	0.861/0.867	375	B2	0.841–0.876	0.856	250
M7	0.846–0.885	0.861/0.868	750	B2	0.841–0.876	0.856	250
M8	1.230–1.250	1.241/1.241	750	B5	1.230–1.250	1.242	500
I3/M10	1.580–1.640	(I3) 1.601/1.604 (M10) 1.602/1.605	375 750	B6	1.628–1.652	1.629	500
M11	2.225–2.275	2.257/2.259	750	B7	2.105–2.155	2.114	500

I-каналы VIIRS - разрешение 375 метров



Типичные спектры почв и растительности, и спектральная чувствительность каналов VIIRS и MODIS

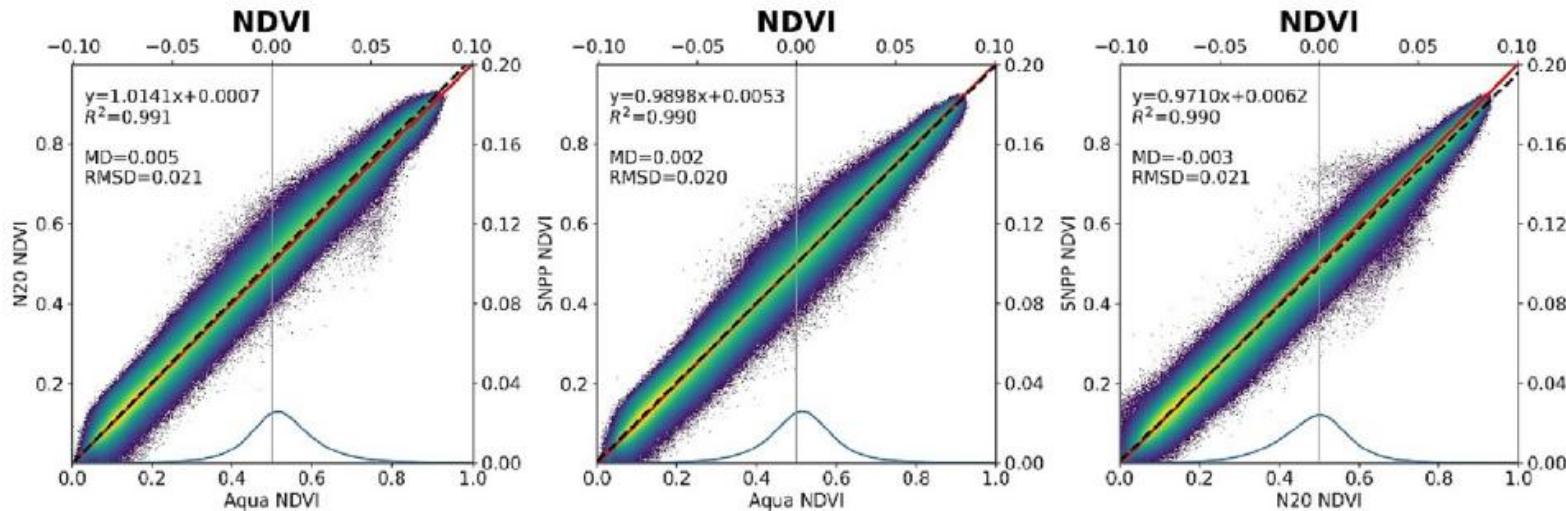
М-каналы VIIRS - разрешение 750 метров



Особенности:
канал VIIRS I1
более широкий и
чувствительный по
сравнению с
MODIS

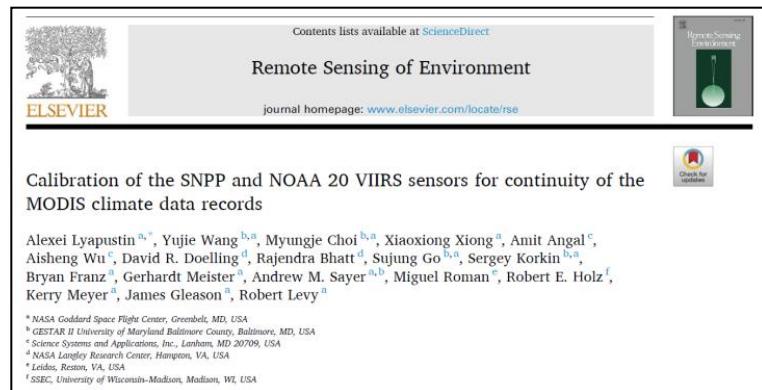
Спектральная чувствительность каналов
VIIRS (I1,I2,M5,M7) и MODIS (B1,B2)

Свойства приборов MODIS и VIIRS



Гистограммы для NDVI приборов VIIRS SNPP, VIIRS NOAA 20 и MODIS Aqua для каналов VIIRS I1/I2

Разница в NDVI характеризуется СКО 0,02 и коэффициентом корреляции R² 0.99. В том числе, это указывает на хорошую согласованность алгоритмов атмосферной коррекции, обеспечивающих плавный переход от MODIS к VIIRS.



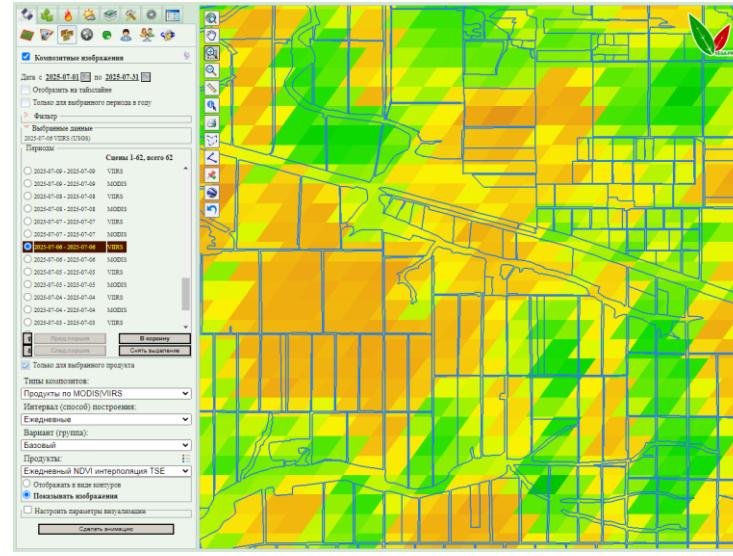
Calibration of the SNPP and NOAA 20 VIIRS sensors for continuity of the MODIS climate data records,

Remote Sensing of Environment,
Volume 295, 2023, 113717, ISSN 0034-4257,
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113717>

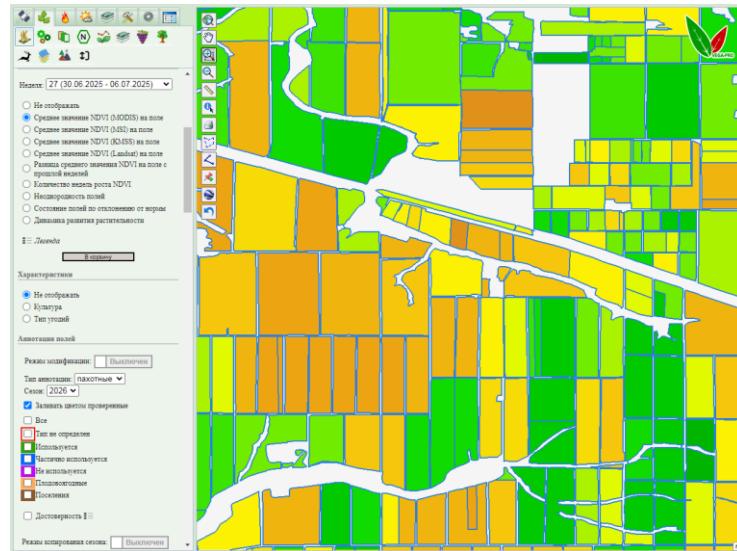
Карта индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS на уровне полей



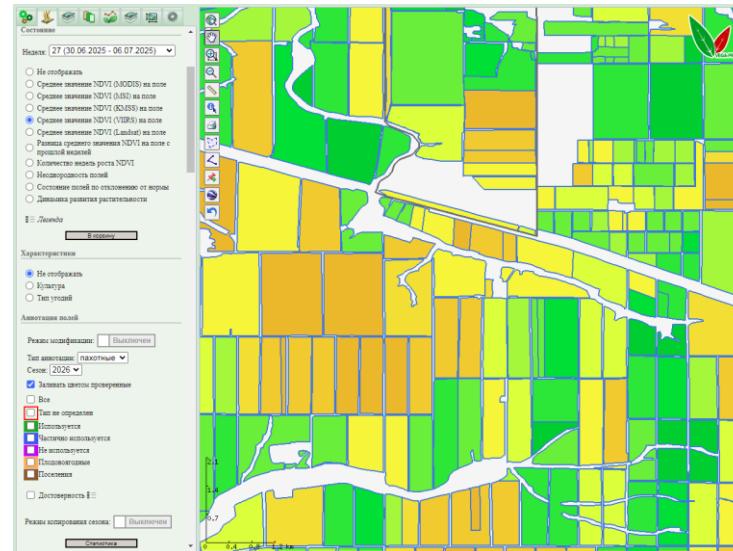
Изображение, NDVI MODIS



Изображение, NDVI VIIRS



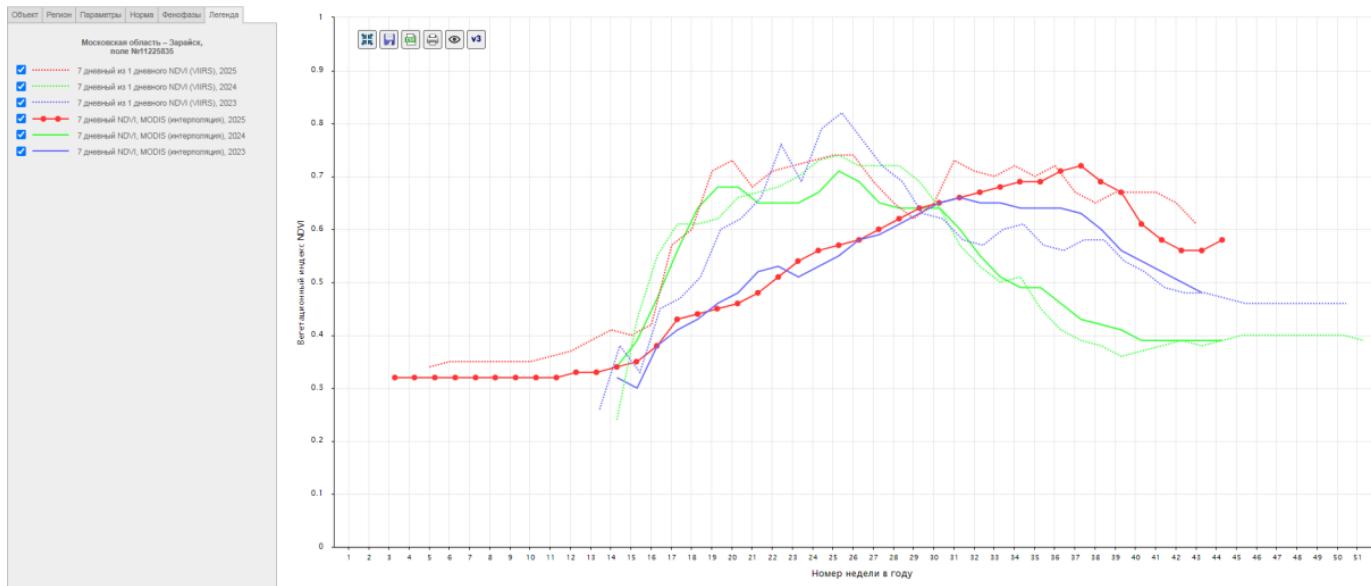
Картограмма, среднее значение на поле,
NDVI MODIS



Картограмма, среднее значение на поле,
NDVI VIIRS

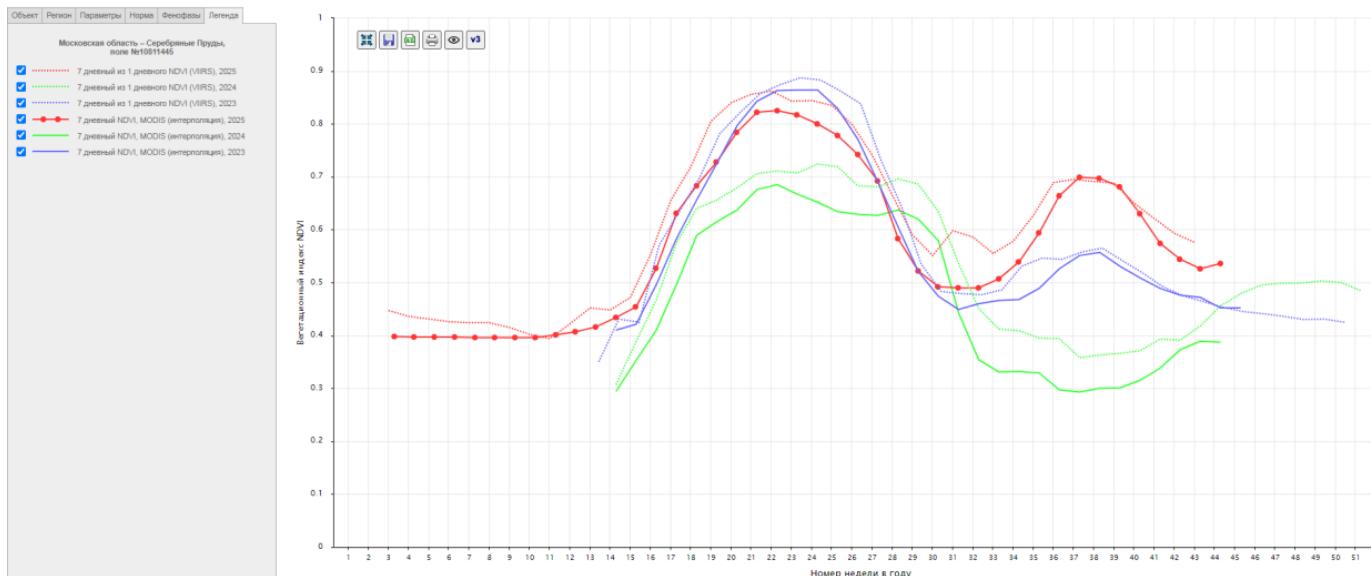
Ход индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS для полей разной площади

Московская область



Поле 10 га

Плохое совпадение



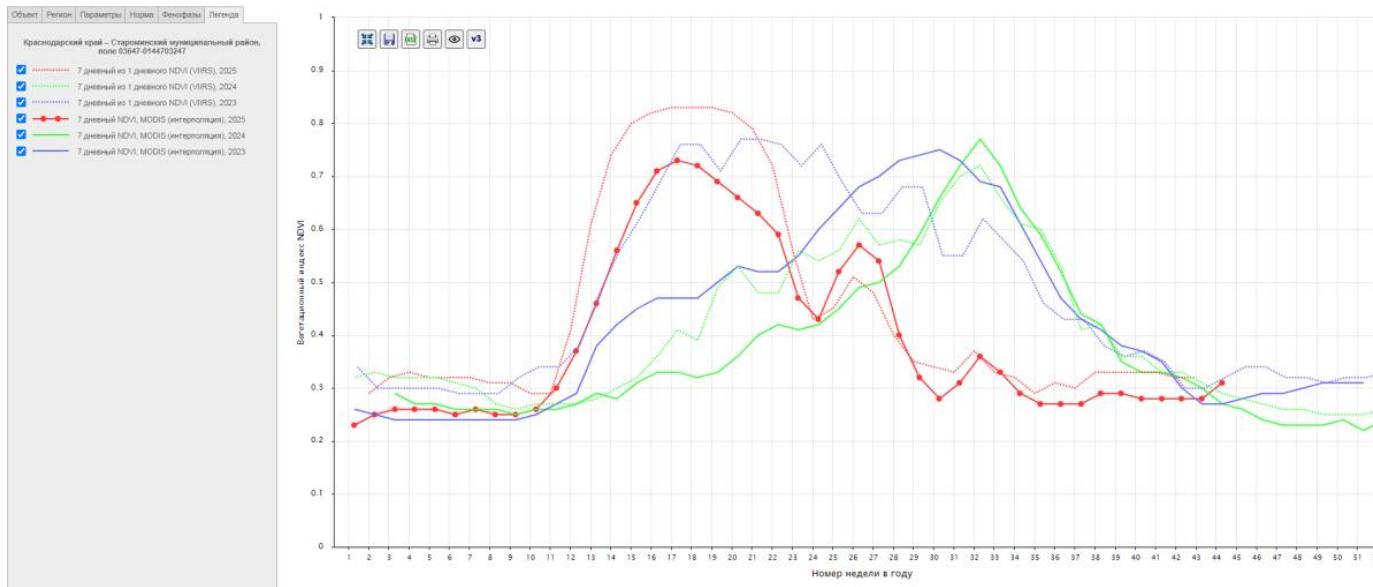
Поле 100 га,

рядом с полем 10 га

Хорошее совпадение,
присутствует завышение
значений

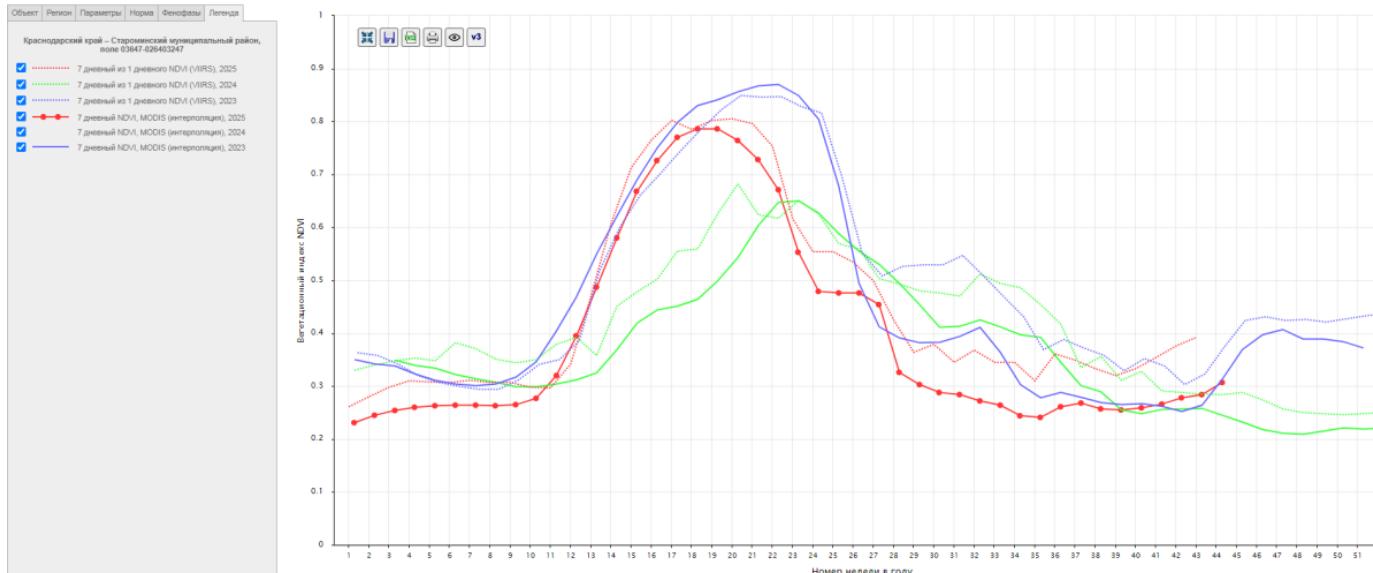
Ход индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS для полей разной площади

Краснодарский край



Поле 20 га

Плохое совпадение



Поле 70 га,

рядом с полем 20 га

Хорошее совпадение,
присутствует завышение
значений

Сплошные линии – MODIS, пунктирные линии – VIIRS. NDVI за 2025, 2024, 2023

Статистика по полям «базового» пользователя

Пиксель продукта MODIS 250m X 250m = 6,25 га
Пиксель продукта VIIRS 500m X 500m = 25 га

Статистика «базового пользователя»

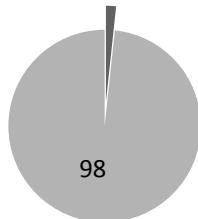
Полей всего: 2'906'900

Площадь: 141'151'134 га

Поля - MODIS

2'384'836 га (0-6,25 га) 2%

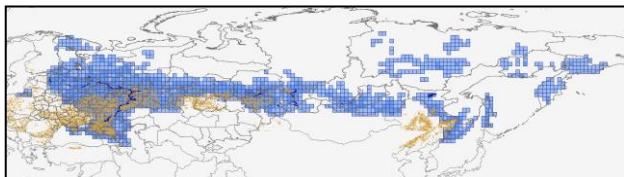
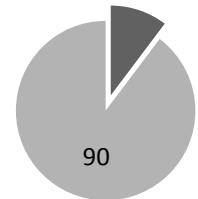
137'719'256 га (6,25 га-max) 98 %



Поля - VIIRS

14'400'533 га (0-25 га) 10%

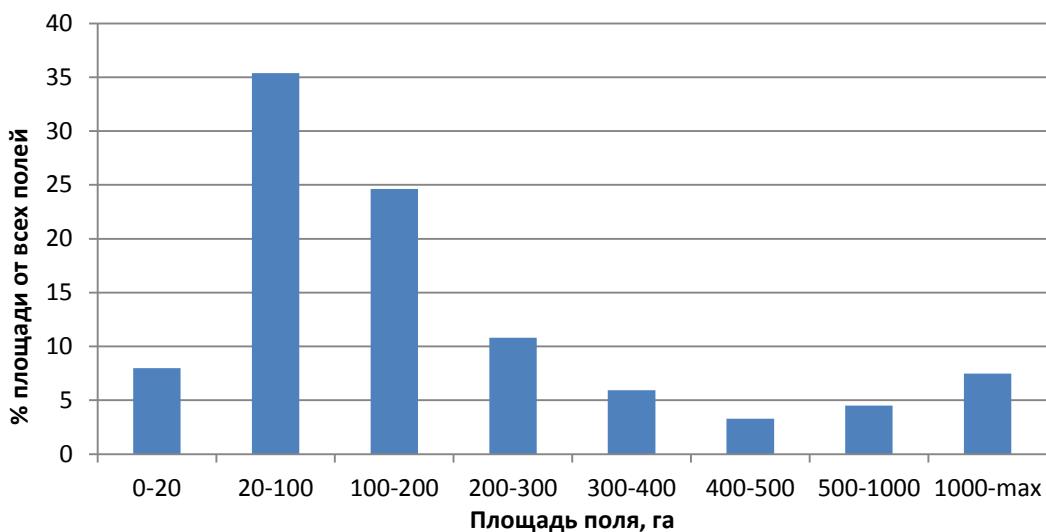
125'703'559 га (25 Га-max) 90%



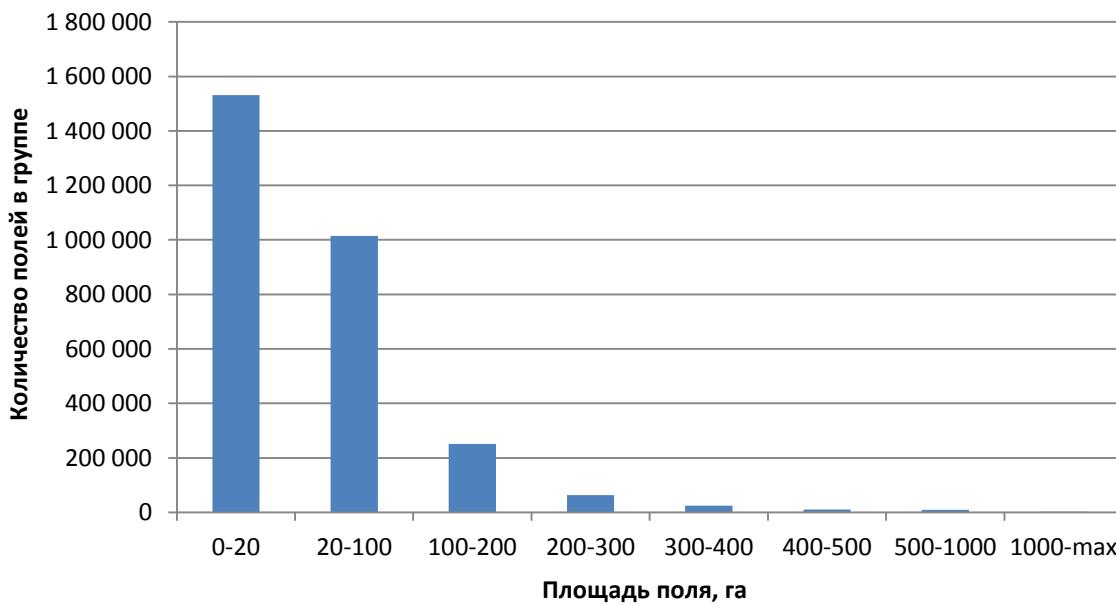
Покрытие полями в «базовом» пользователе.

Наложена маска пахотных земель.

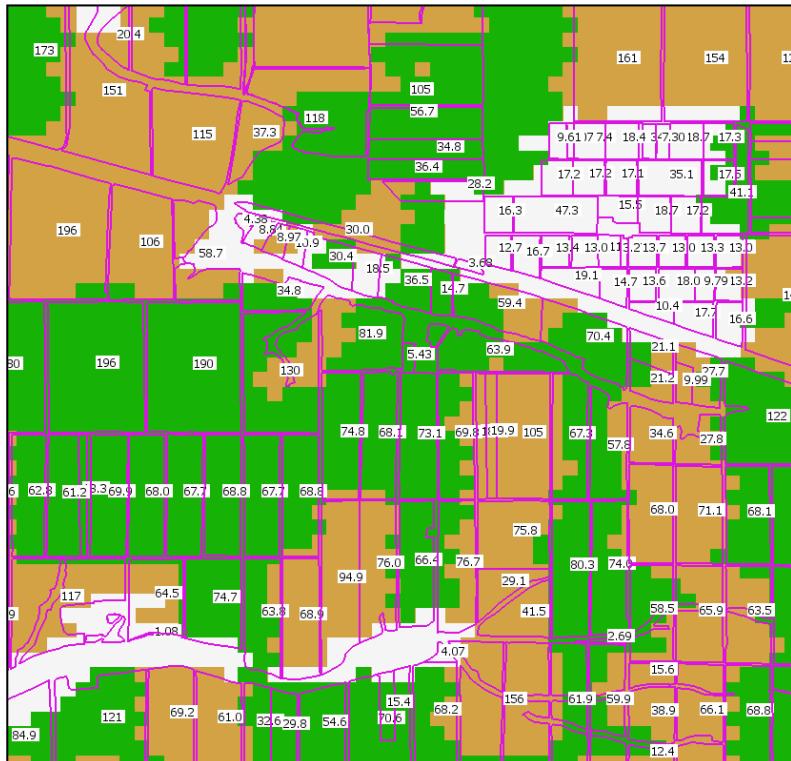
Площадь от всех полей, %



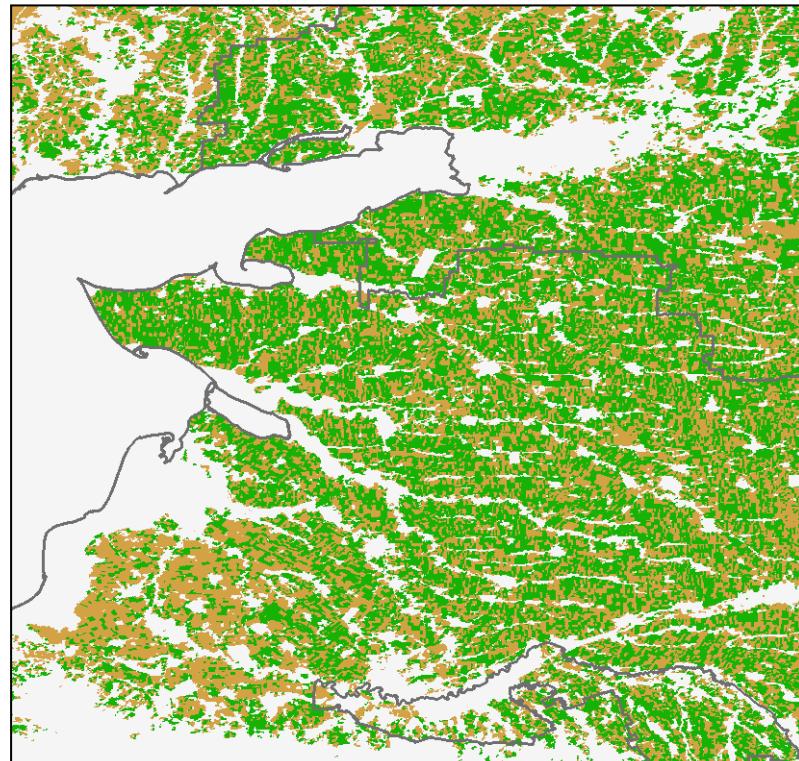
Количество полей по классам площади



Маски классов растительности (пахотные, озимые, яровые)



На уровне полей
(указана площадь полей в гектарах)



Обзорное изображение

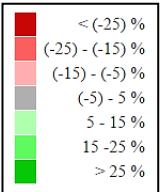
Маска озимых поверх маски пахотных земель по данным MODIS с разрешением 250м

Если построить маски по данным VIIRS, то разрешение 500м будет уже слишком грубым на уровне полей. Применение такой маски будет возможно только для аннотации средних и больших полей, а применение для осреднения по районам будет ограничено гарантированными пикселями, которые фактически будут большими однородными полями. Целесообразно рассмотреть возможность использования данных более высокого разрешения для построения масок.

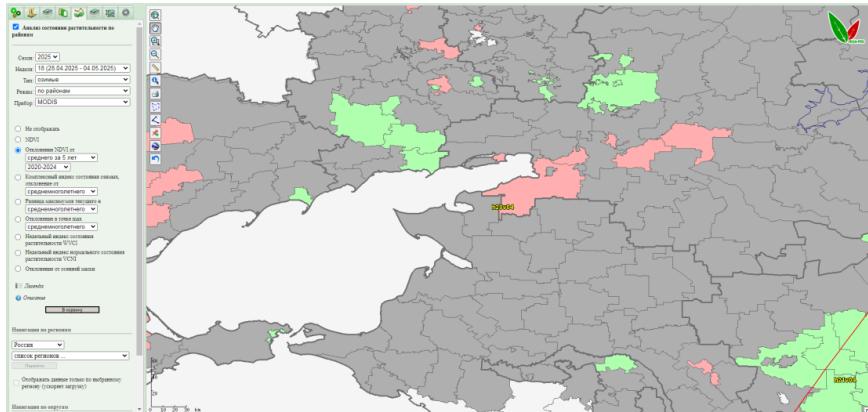
Картограммы по районам - NDVI по озимым 18 неделя 2025

Отклонение 2025
от среднего за 5 лет 2020-2024

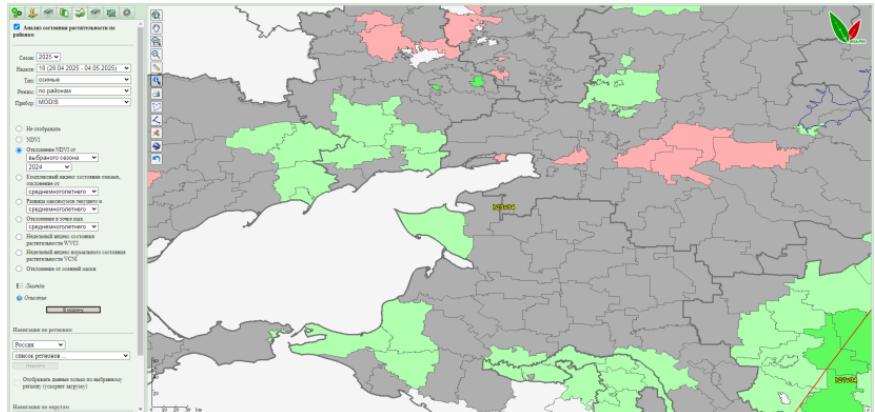
Отклонение 2025
от прошлого года 2024



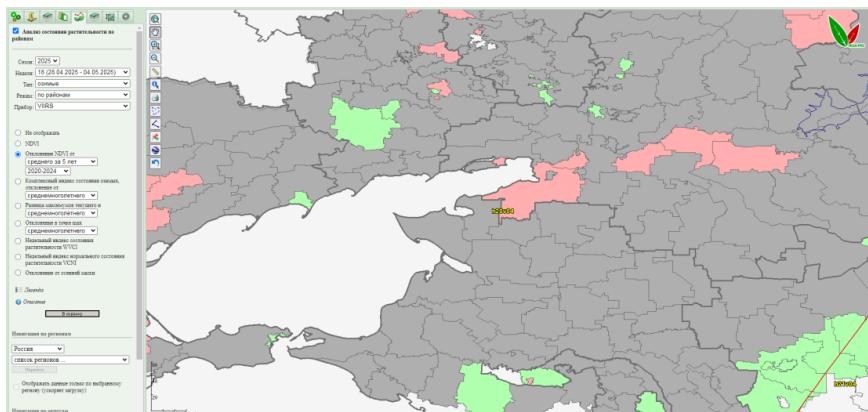
MODIS



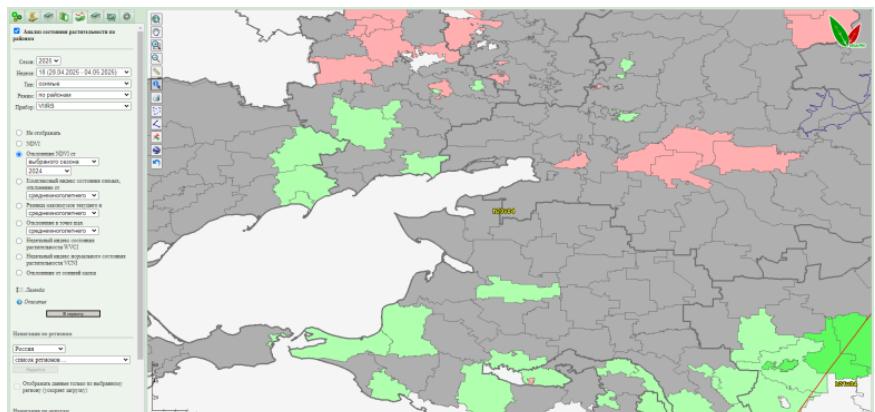
MODIS



VIIRS



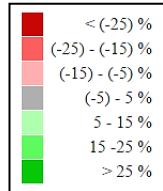
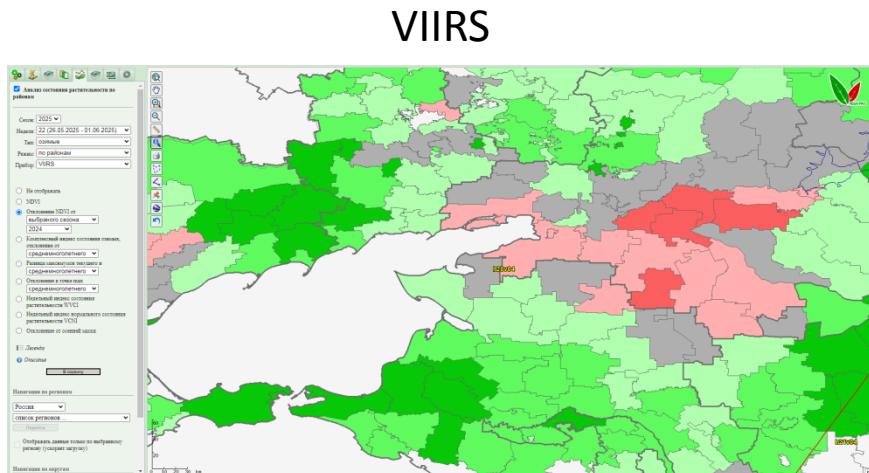
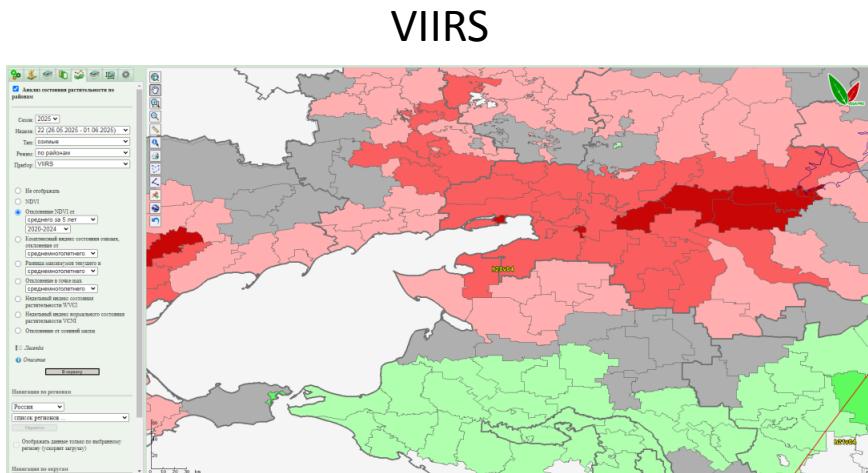
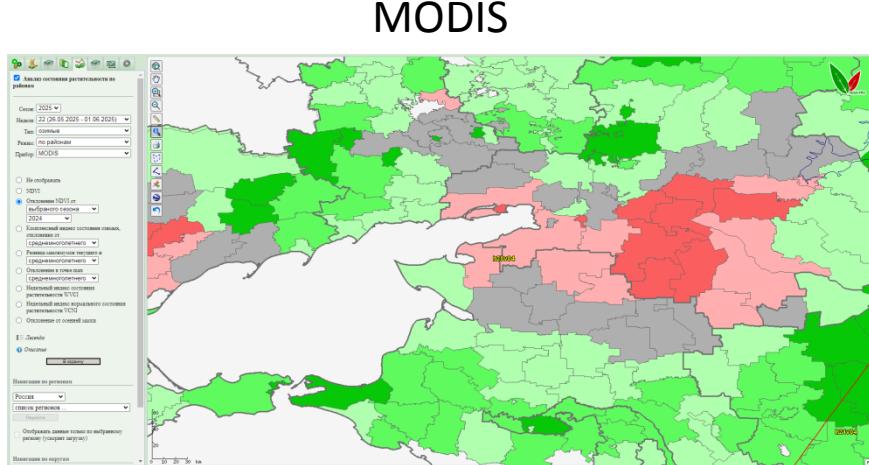
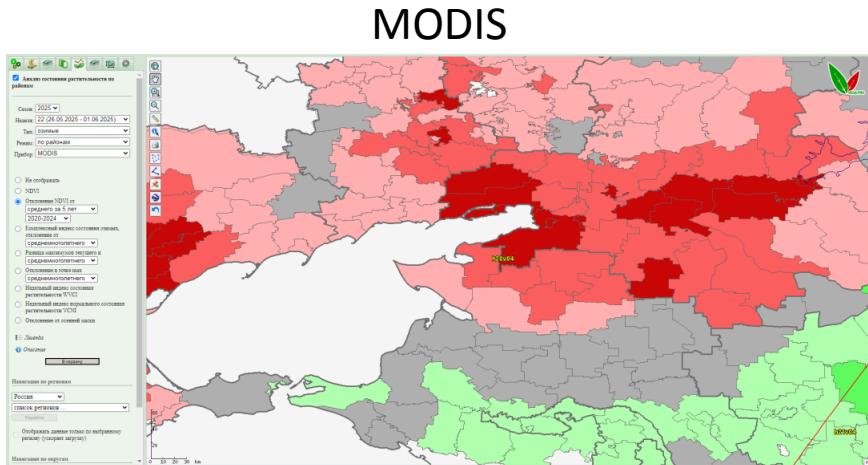
VIIRS



Картограммы по районам - NDVI по озимым 22 неделя 2025

Отклонение 2025
от среднего за 5 лет 2020-2024

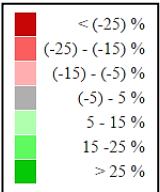
Отклонение 2025
от прошлого года 2024



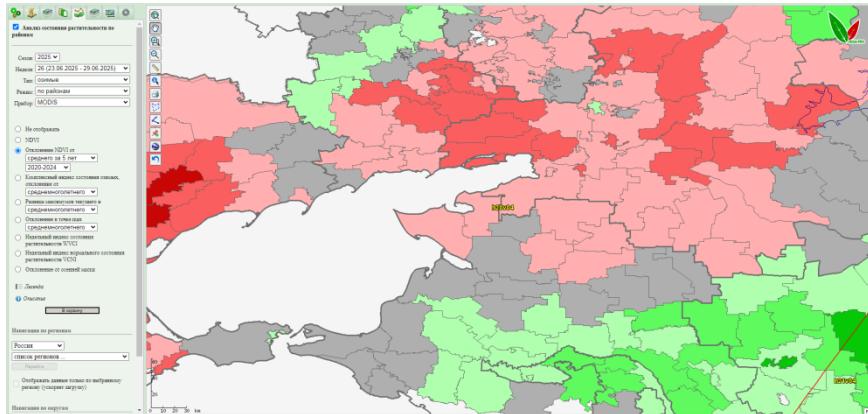
Картограммы по районам - NDVI по озимым 26 неделя 2025

Отклонение 2025
от среднего за 5 лет 2020-2024

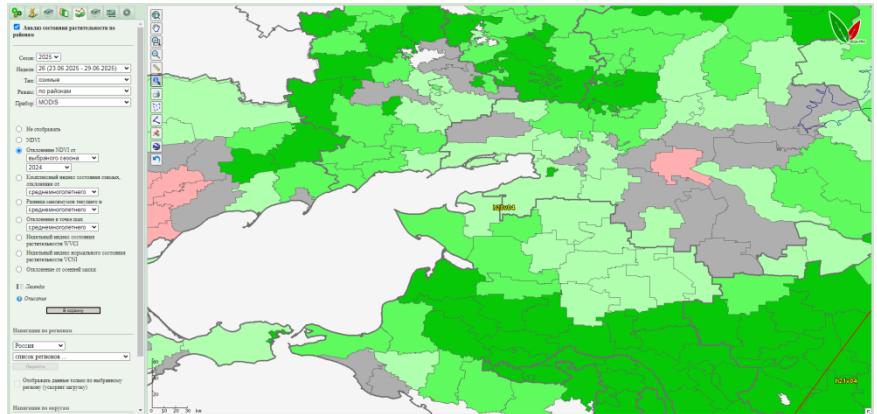
Отклонение 2025
от прошлого года 2024



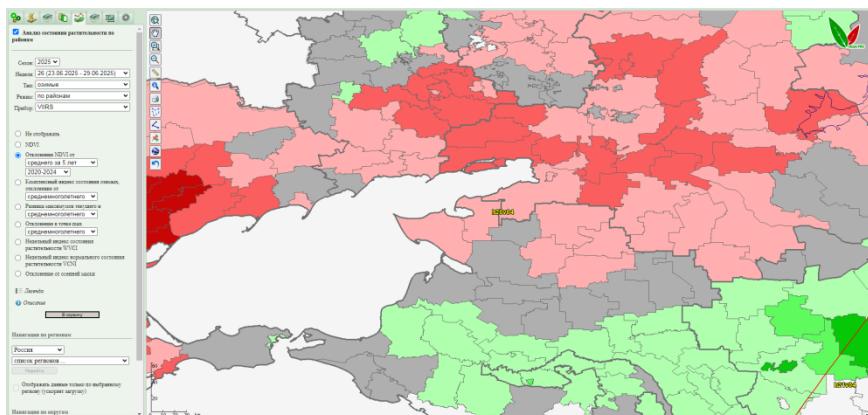
MODIS



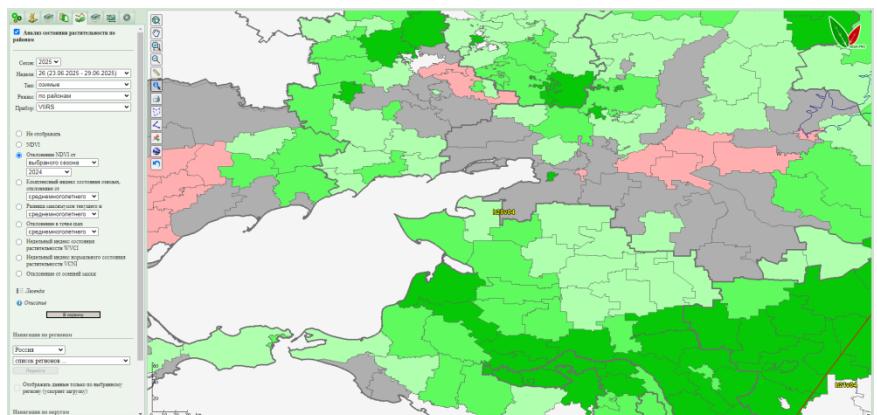
MODIS



VIIRS



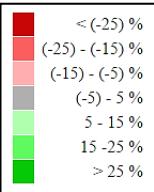
VIIRS



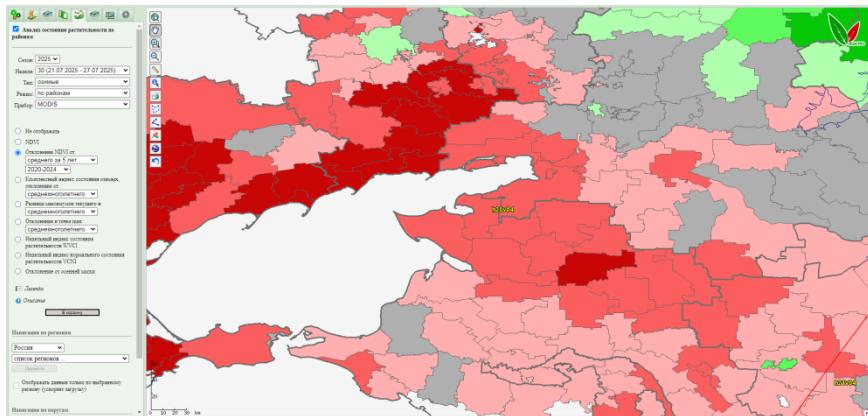
Картограммы по районам - NDVI по озимым 30 неделя 2025

Отклонение 2025
от среднего за 5 лет 2020-2024

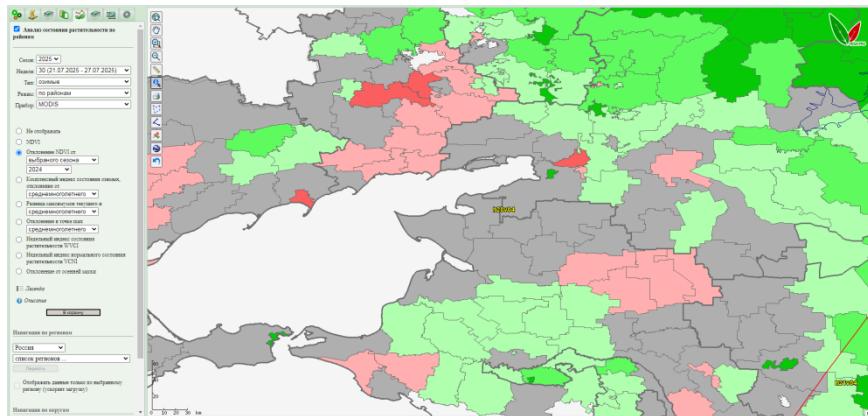
Отклонение 2025
от прошлого года 2024



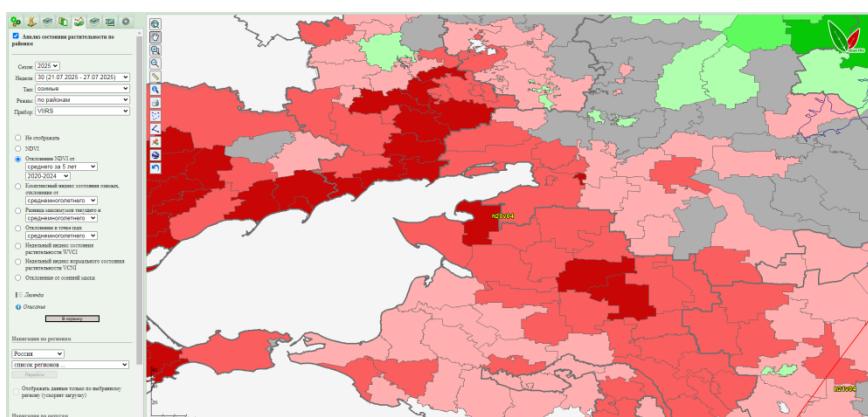
MODIS



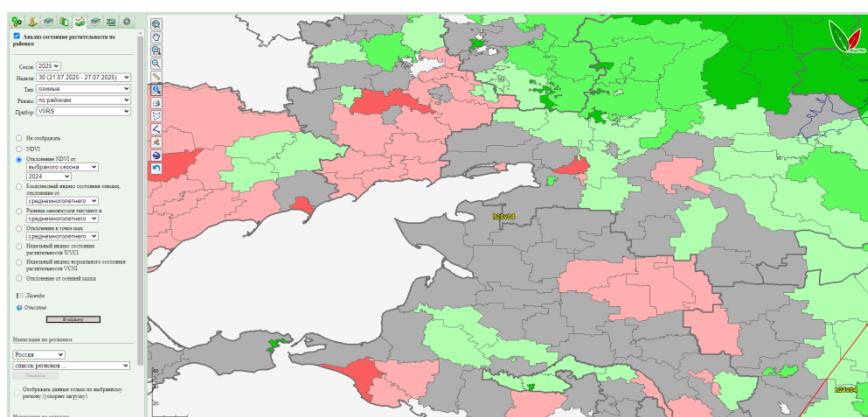
MODIS



VIIRS



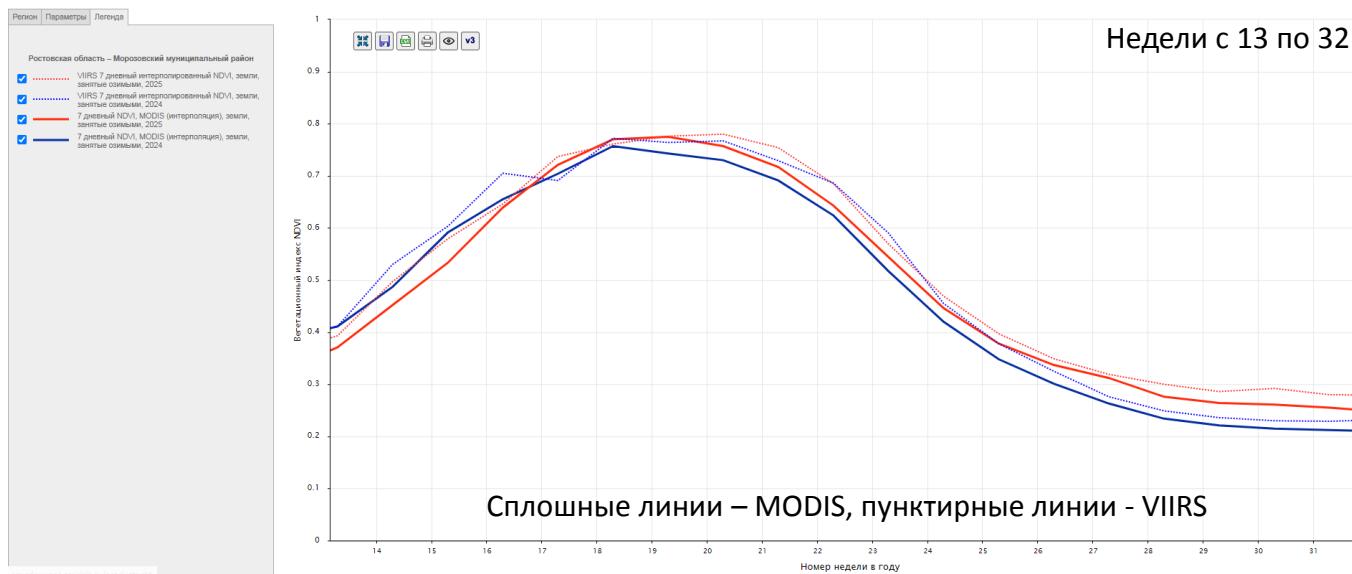
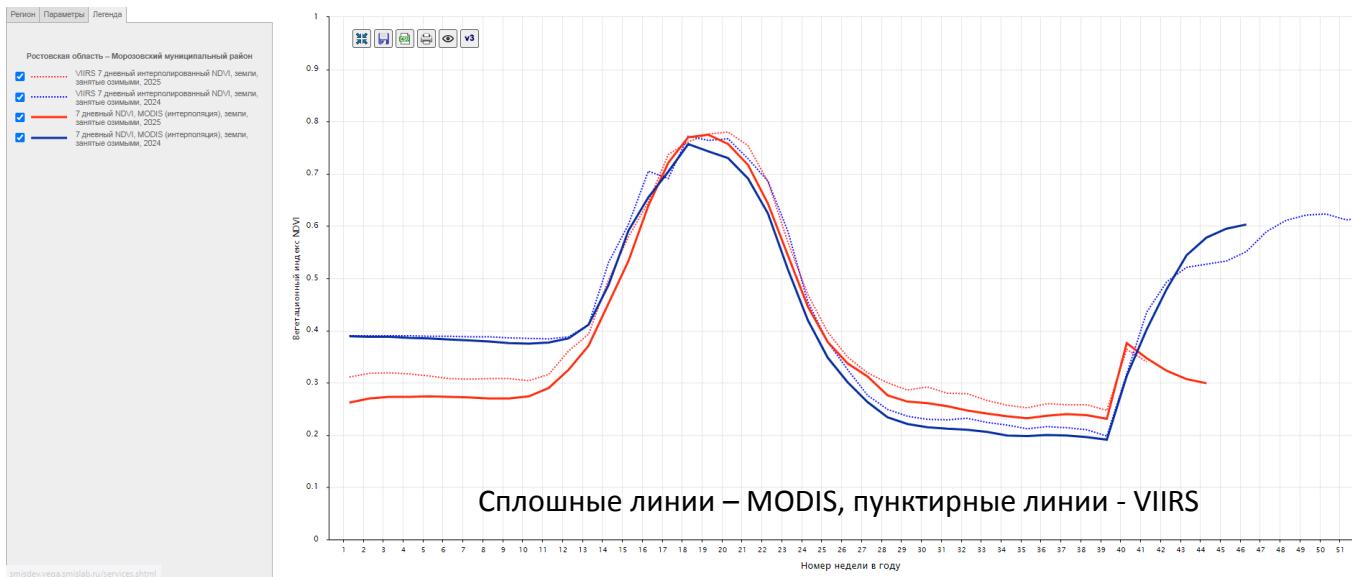
VIIRS



Ход индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS по районам

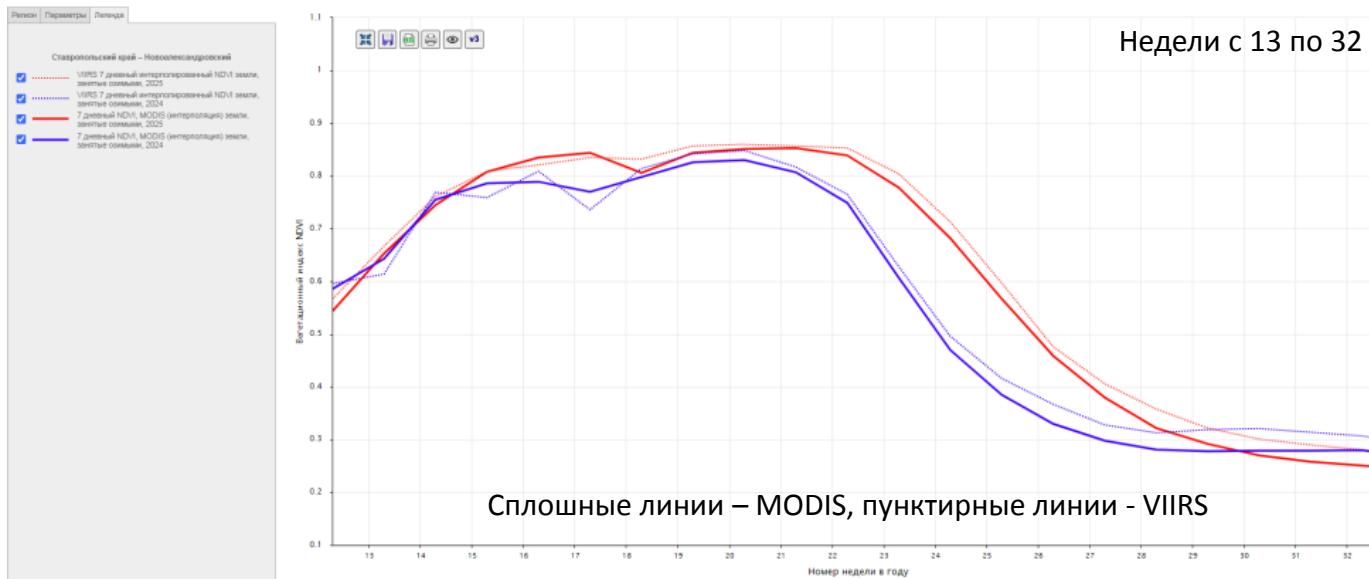
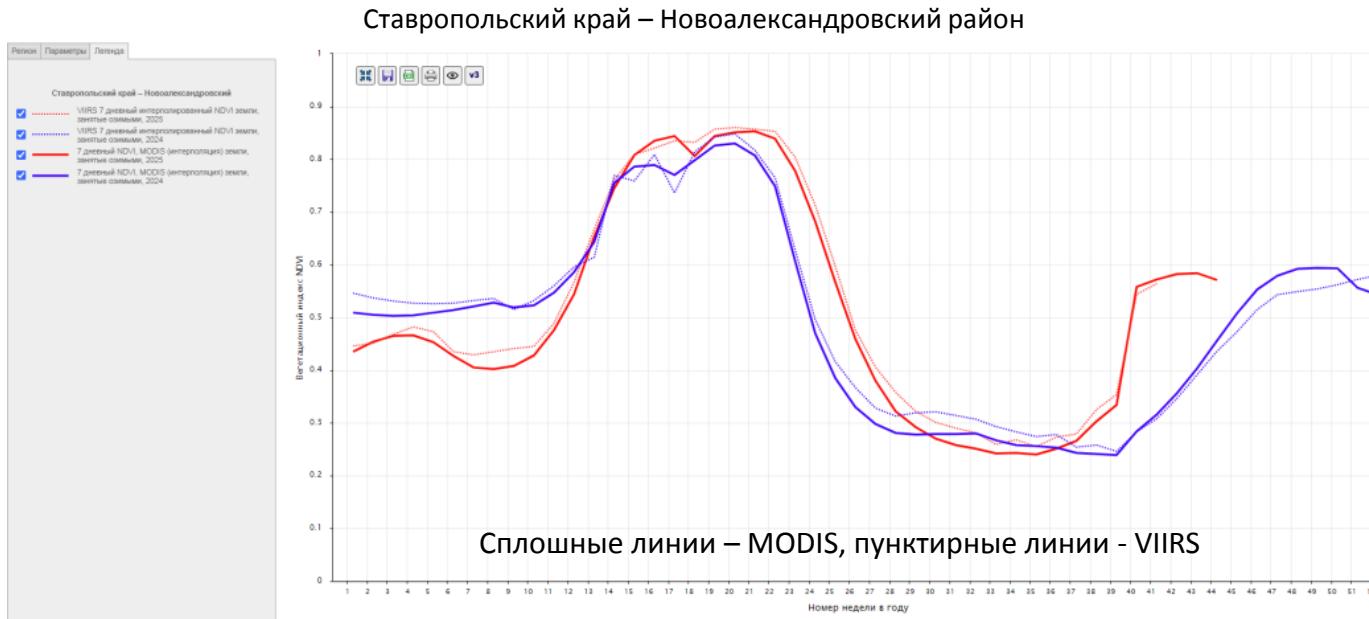
Переход класса (отклонение от прошлого года) на 30 неделе по данным VIIRS в «+»

Ростовская область, Морозовский район



Ход индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS по районам

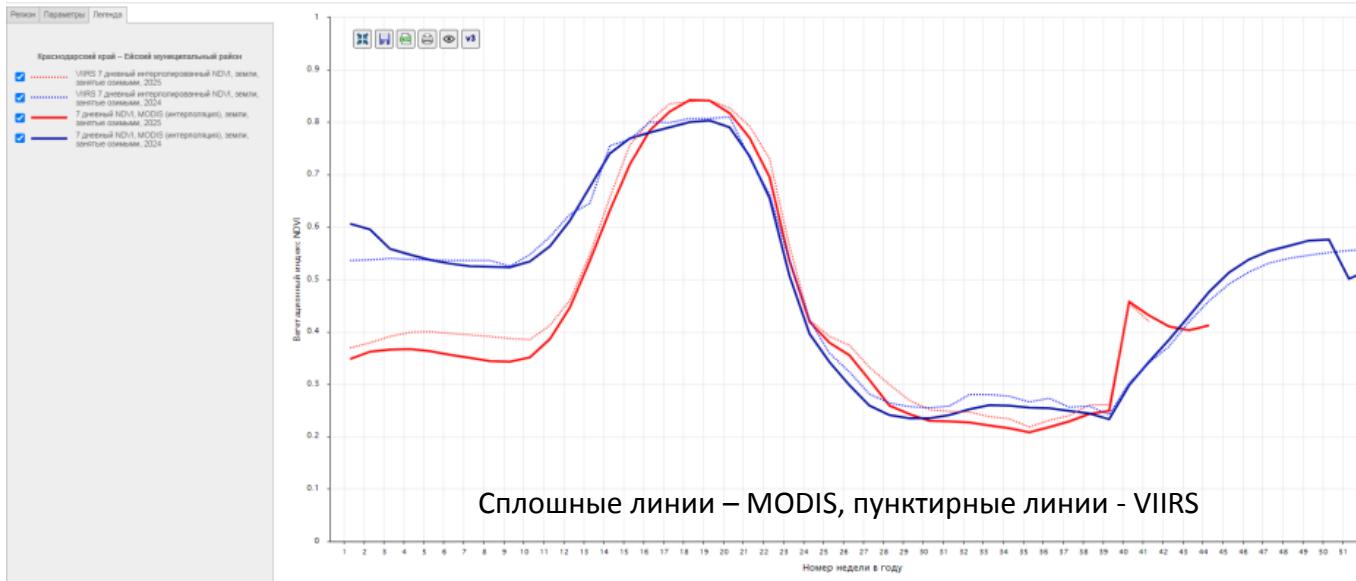
Переход класса (отклонение от прошлого года) на 30 неделе по данным VIIRS в «-»



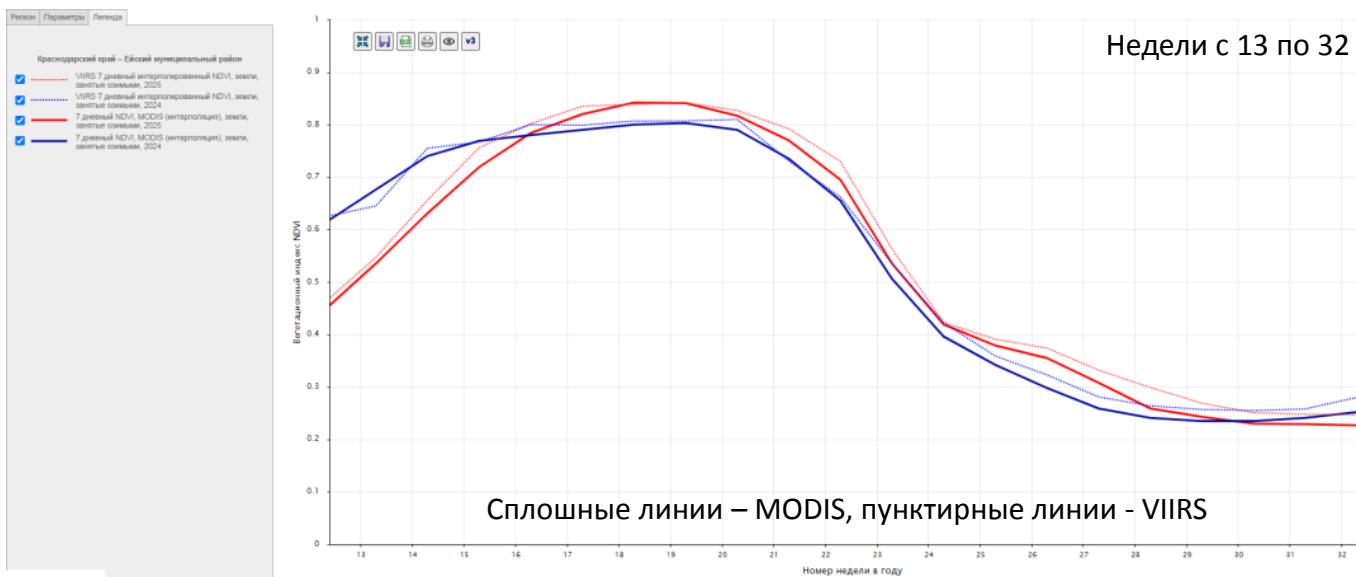
Ход индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS по районам

Переход класса (отклонение от прошлого года) на 30 неделе по данным VIIRS отсутствует

Краснодарский край – Ейский район



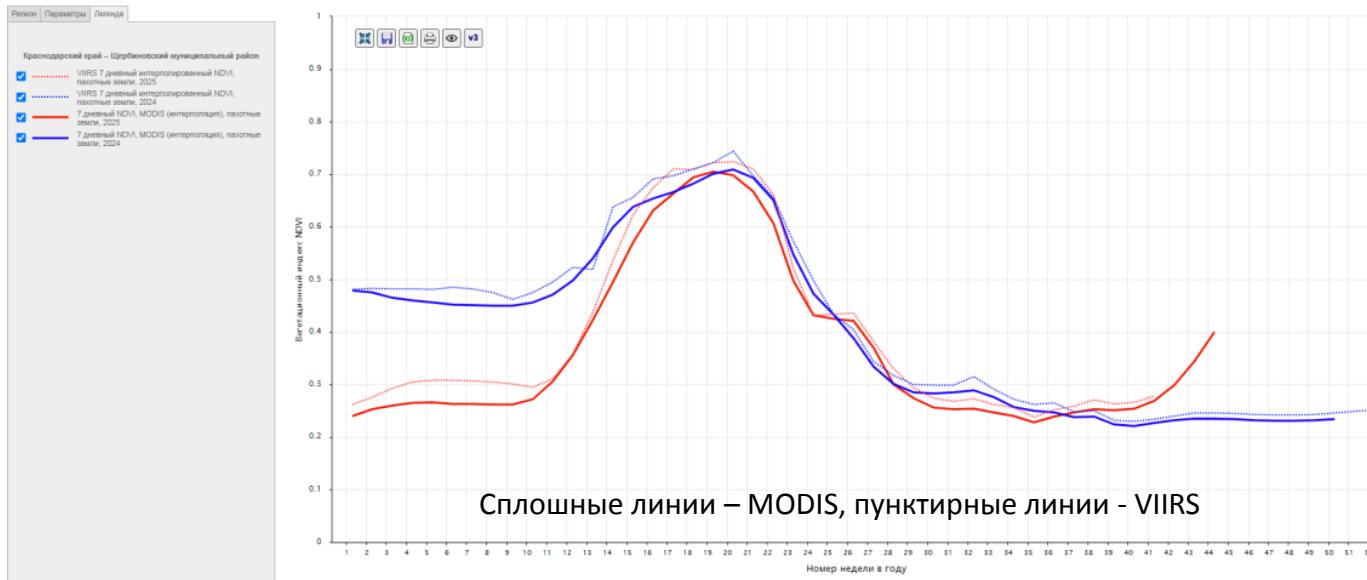
Недели с 13 по 32



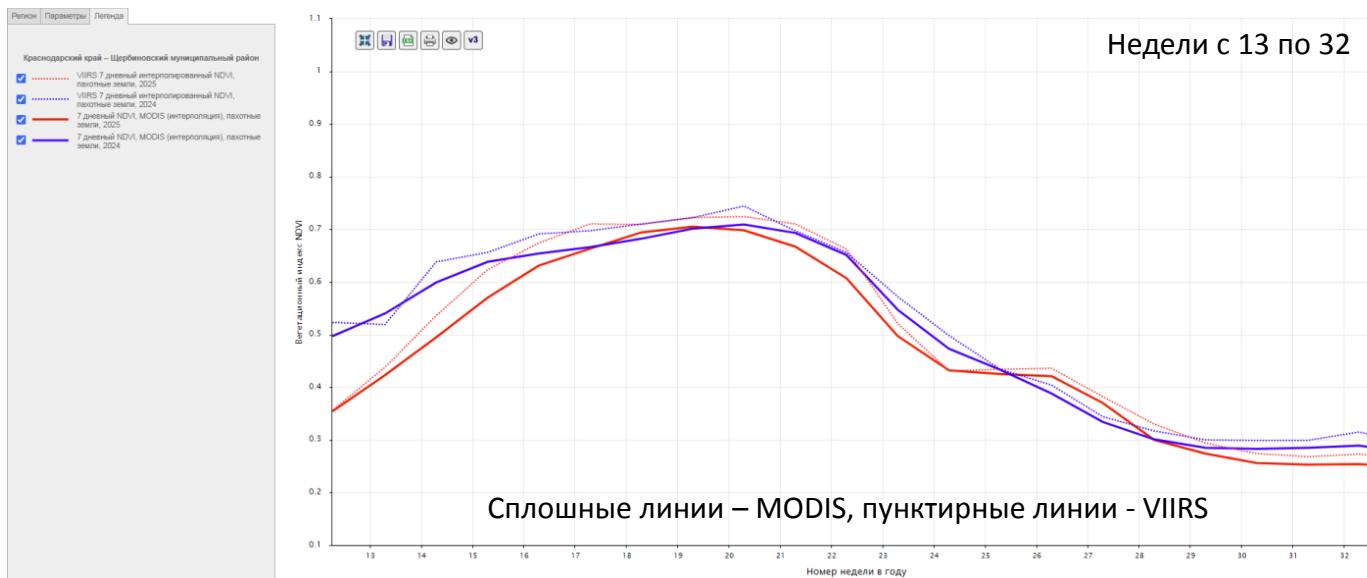
Ход индекса NDVI по данным MODIS и VIIRS по районам

Переход класса (отклонение от прошлого года) на 30 неделе по данным VIIRS отсутствует

Краснодарский край – Щербиновский район



Недели с 13 по 32



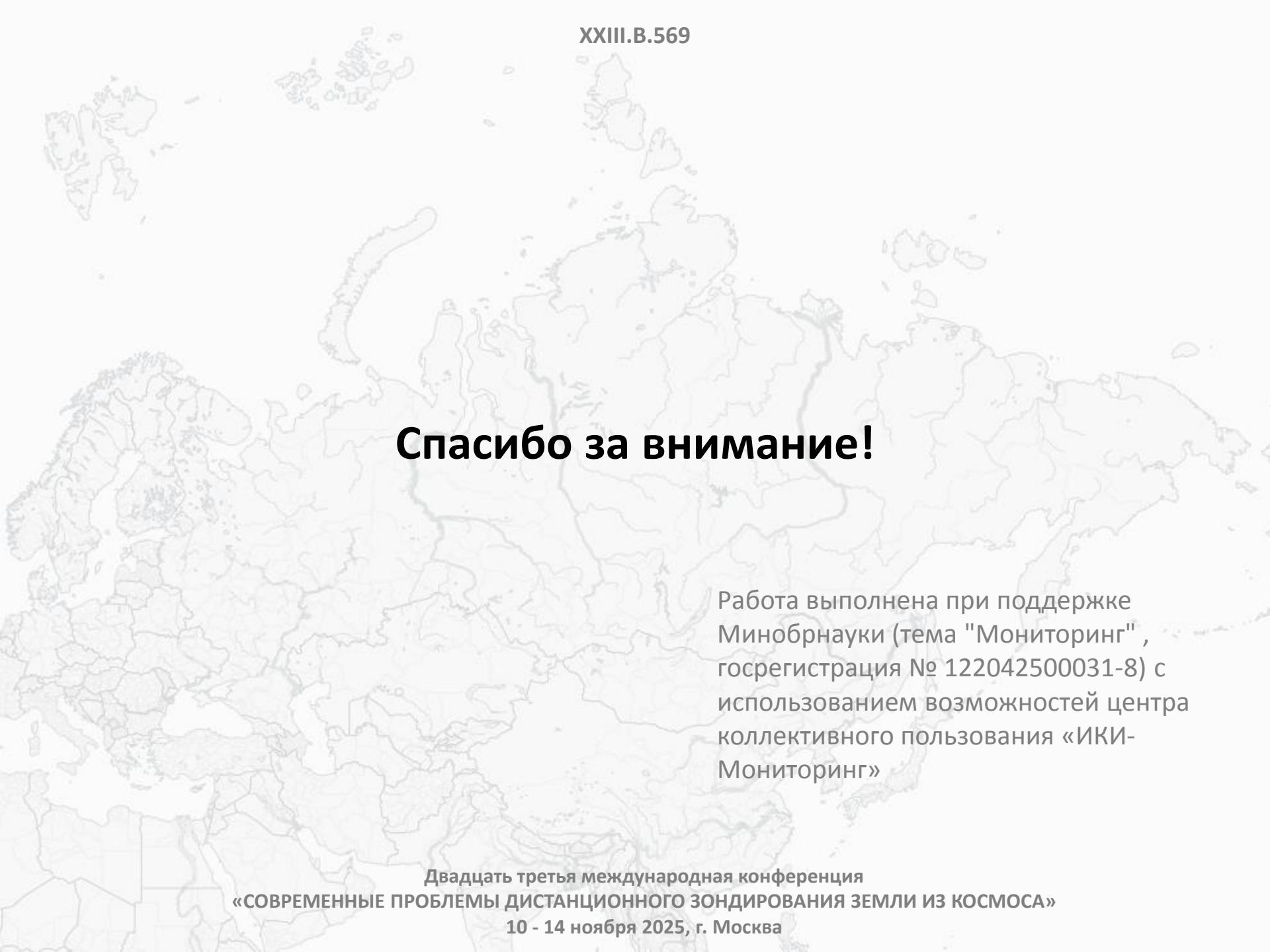
Основные выводы

- Разница NDVI по пикселям характеризуется СКО 0,02 и коэффициентом корреляции R^2 0.99. Это указывает на хорошую согласованность данных и позволяет обеспечить плавный переход от MODIS к VIIRS.
- Ширина полосы съемки VIIRS чуть больше 3000 км против 2300 км у MODIS, однако, разрешения у продуктов хуже – 500м против 250м.
- Площадь «минимального» объекта исследования для VIIRS увеличится в 4 раза - 25 га против 6.25 га. По статистике базового покрытия полей это затронет 10% площадей всех полей в РФ.
- Для небольших полей на значение NDVI сильно влияет геометрия самого поля и его окружение.
- В общем случае, значение NVDI по полям по данным VIIRS по отношению к MODIS имеет тенденцию к незначительному завышению значения, при этом сохраняется общая тенденция изменений. Завышенные значения могут приводить к временному смещению кривой, что может сказаться на изменении класса состояния объекта при анализе.
- Завышение значений индексов для среднего по районам менее значительно, чем для отдельных полей. Это же справедливо и для временного сдвига. Изменения незначительны и если величина отклонения находится на границе смена класса, то возможен переход класса состояния района на соседний. Переходов более чем на один класс замечено не было.

Заключение

Использование данных VIIRS совместно с данными MODIS для продолжения мониторинга сельскохозяйственной растительности имеет целесообразность, однако нужно учитывать следующие моменты:

- использовать данные для мониторинга небольших полей можно только для оценочного анализа с учетом геометрии поля и окружения,
- проводить анализ средних и больших полей можно продолжать в прежнем режиме,
- анализ данных по районам и регионам продолжается так же без изменений, однако необходим переход на другие маски классов растительности (500м слишком грубое разрешение для маски на уровне полей),
- принципы построение масок типов растительности необходимо менять. Использовать данные более высокого разрешения или использовать для осреднения только отдельные области (гарантированные пиксели).



Спасибо за внимание!

Работа выполнена при поддержке
Минобрнауки (тема "Мониторинг",
госрегистрация № 122042500031-8) с
использованием возможностей центра
коллективного пользования «ИКИ-
Мониторинг»