

# Анализ эффективности нормировки на температуру при построении «норм» среднемноголетней временной динамики вегетационных индексов

---

Толпин В.А.<sup>1</sup>, Комаров В.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) ИКИ РАН

<sup>2</sup>) МГУ им. М.В.Ломоносова, ФКИ

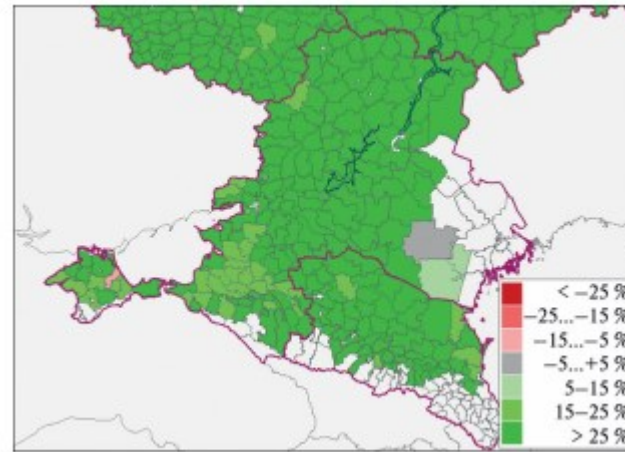


Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция  
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»  
г. Москва, 16 - 20 ноября 2020 г.

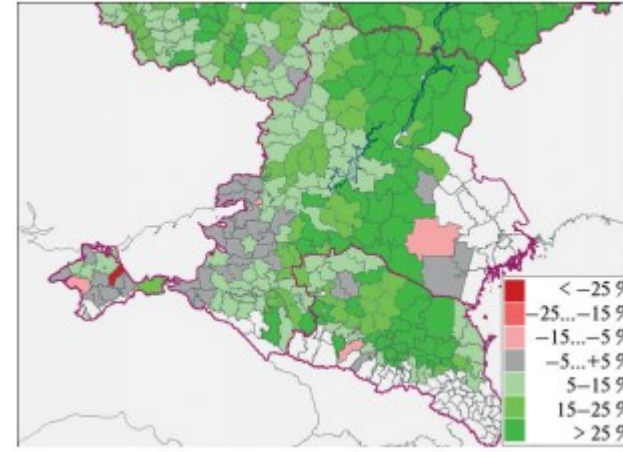


# Постановка задачи

Отклонение NDVI озимых в процентах от среднемноголетней нормы по состоянию на 15-ю неделю 2020 г



до нормировки



после нормировки

**Целью** данной работы является **построение улучшенной нормы NDVI для районов, с учетом нормировки на накопленную температуру и анализ ее эффективности.**

Для выполнения поставленной цели в работе были выделены **следующие задачи:**

- разработать метод расчета региональных норм динамики NDVI, устойчивый к выбросам и сдвигам сезонов;
- провести анализ эффективности метода.

# Основные показатели

---

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

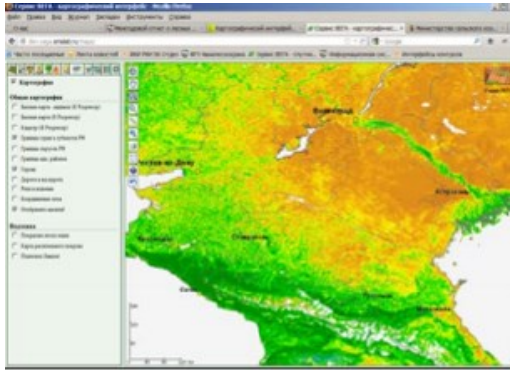
$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}),$$

где NIR — это отражение в ближней инфракрасной области спектра;

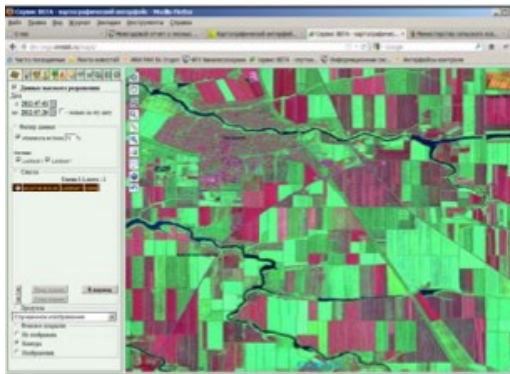
RED — отражение в красной области спектра.

- **Активная температура** Минимальная температура, при которой начинается вегетация конкретного вида растений. Обычно она +5°C или +10°C.
- **Сумма активных температур** В качестве накопленной температуры предлагается использовать сумму активных температур.
- **Эталонный ход или “норма” вегетационного индекса**

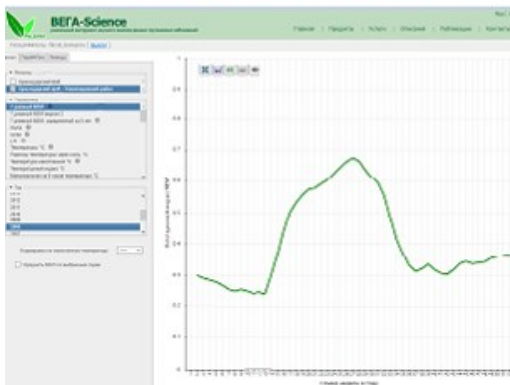
# Спутниковый сервис ВЕГА – источник данных



ВЕГА – это основанный на спутниковых технологиях сервис для анализа состояния растительности и ее оперативного мониторинга.



В основе сервиса – архивы данных о состоянии растительности, полученные на основе спутников, по зоне интересов сервиса.



По любому району в сервисе имеются оперативные данные и архивные данные с начала 21 столетия. Данные сервиса ВЕГА обновляются ежедневно.

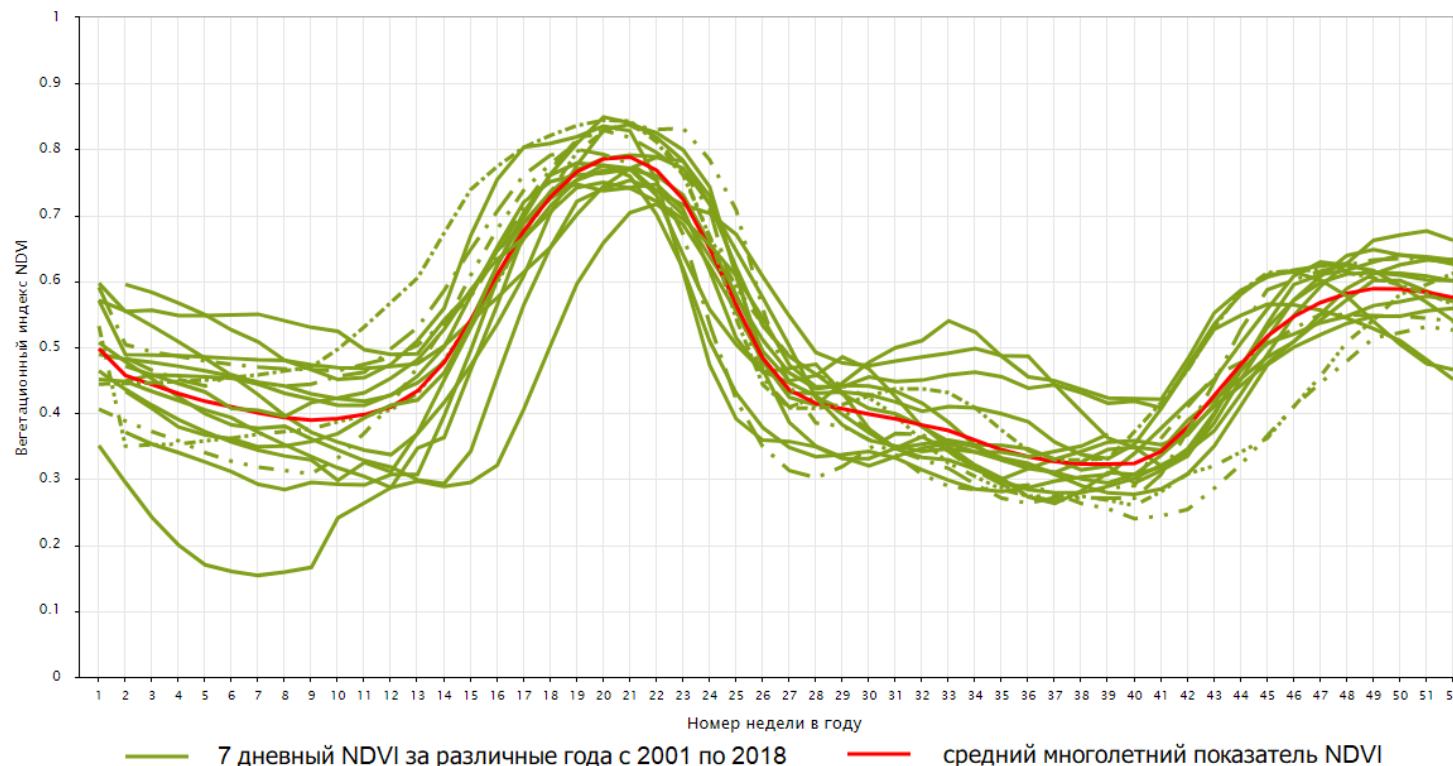
Для работы с данными сервиса ВЕГА используется сервисная модель REST API.

# Стандартный метод расчета нормы

Для получения “нормы” обычно применяется следующий метод:

- Для района берется временной ряд ВИ за год, осредненный по границам административного района, одно значение за одну неделю для каждого типа растительности.
- “Норма” для района рассчитывается как среднее от таких многолетних данных для каждого типа растительности.

*График хода NDVI за почти 20 лет и среднемноголетний показатель для озимых Новопокровского района Краснодарского края*



Для решения задачи был разработан модуль вычисляющий среднегодовую “норму” NDVI для заданного региона и временного промежутка.

Возможности модуля:

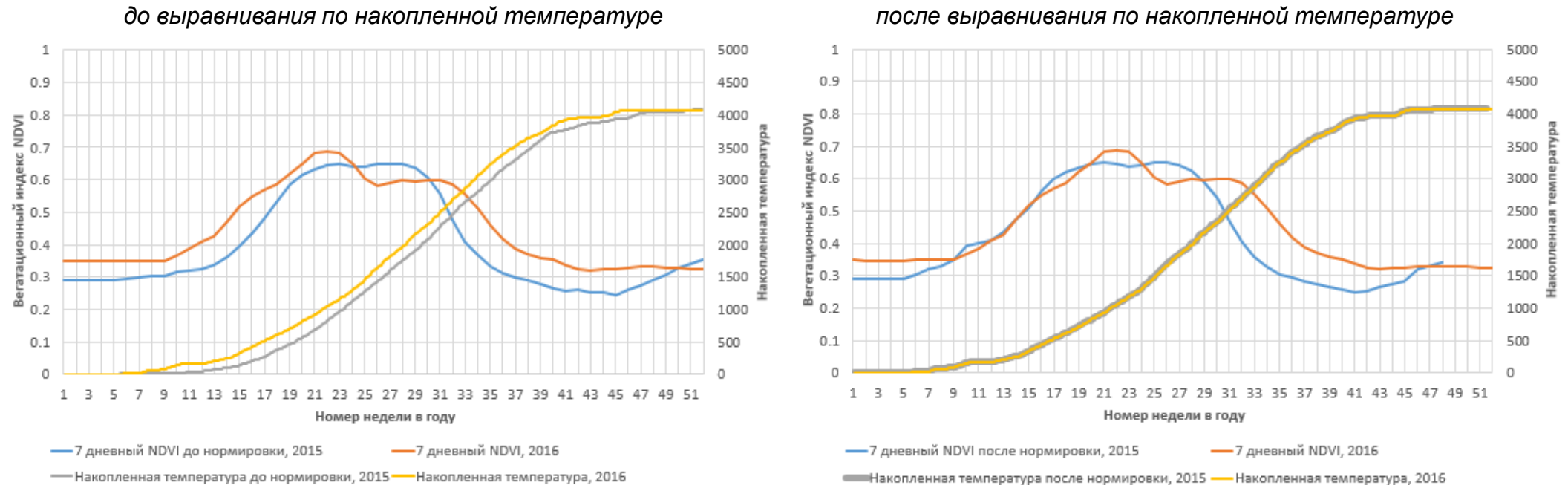
- Выбор района, для которого он будет вычислять норму NDVI.
- Выбор типа растительности.
- Выбор временного промежутка.
- Выбор года нормировки или нормировка на среднегодовой ход накопленной температуры.
- 4 варианта вывода данных: в csv формате, в json формате, в виде графиков и просто в поток для дальнейшего использования другими модулями.

# Метод учета сдвига сезонов

Для нормировки на накопленную температуру необходимо проделать следующую работу:

- Временные шкалы различных лет преобразуются так, чтобы в каждой точке преобразованной шкалы накопленная активная температура анализируемого года равнялась накопленной активной температуре опорного года.
- Значения NDVI анализируемого года смещаются в соответствии с новой временной шкалой.

График хода NDVI и накопленной температуры 2015 г. в сравнении с 2016 г.  
для пахотных Новопокровского района Краснодарского края



# Анализ результатов нормировки на накопленную температуру

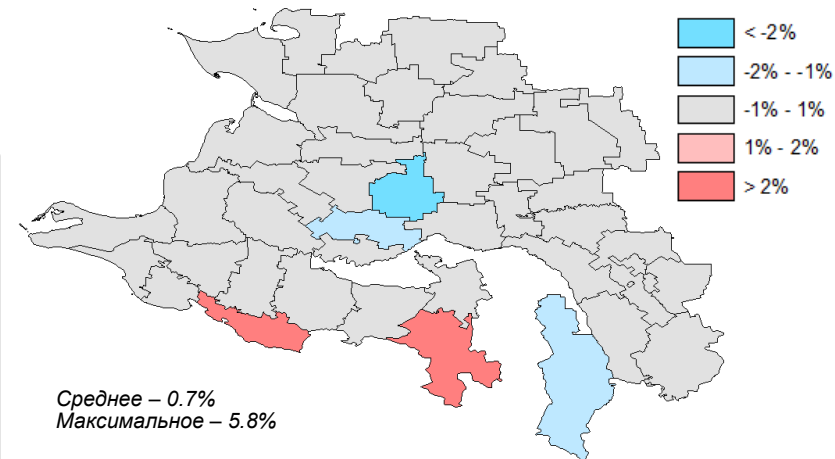
Графики среднего многолетнего показателя NDVI за 5 лет, полученного с нормировкой на различные года и среднемноголетний ход температуры в сравнении со средним многолетним показателем NDVI, полученным без нормировки

пахотные Новопокровского района  
Краснодарского края

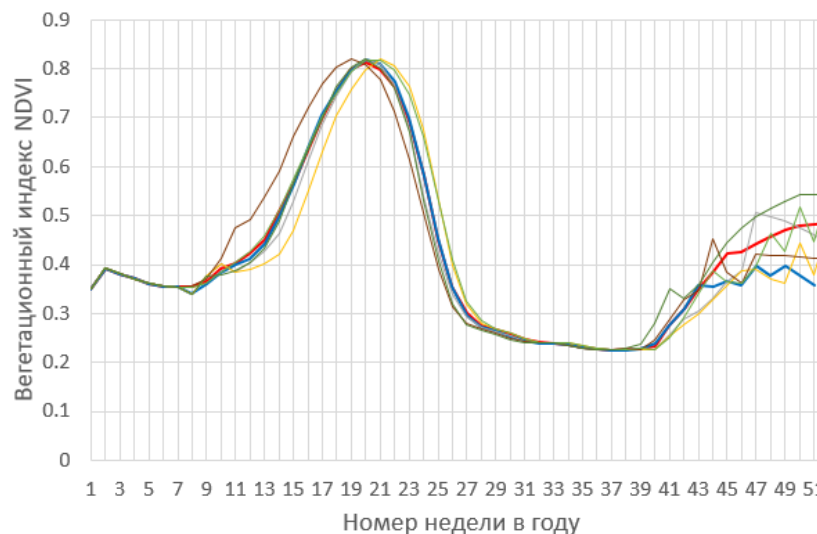
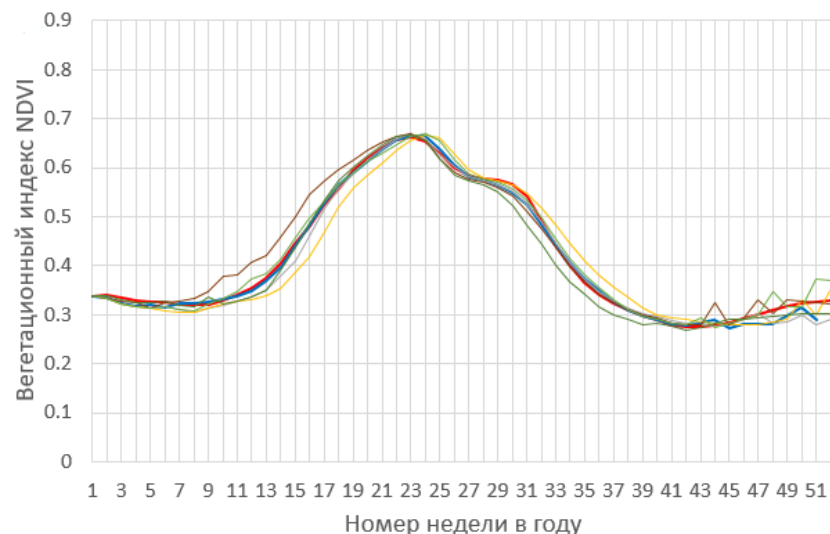
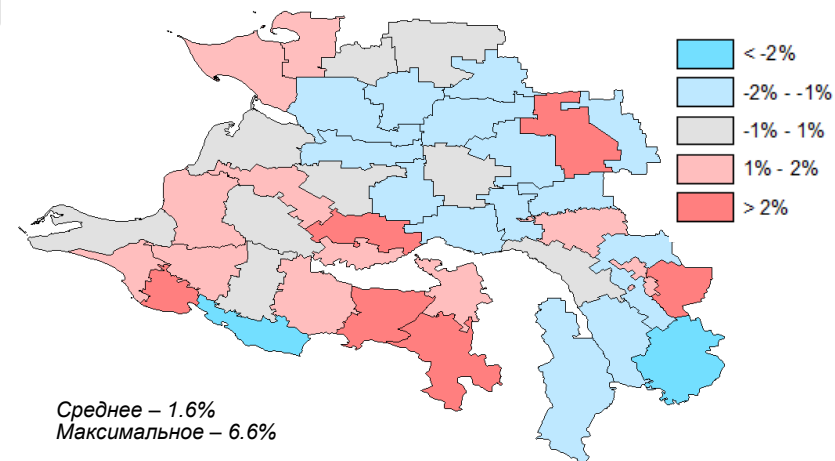
озимые Советского района  
Ставропольского края

Картограммы районов Краснодарского края

пространственное распределение величины отклонения в % в точке максимума NDVI



пространственное распределение величины отклонения в % в зоне 80-100% максимума NDVI



- Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру
- Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на среднемноголетний ход температуры
- Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на ход температуры в 2014 году
- Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на ход температуры в 2015 году

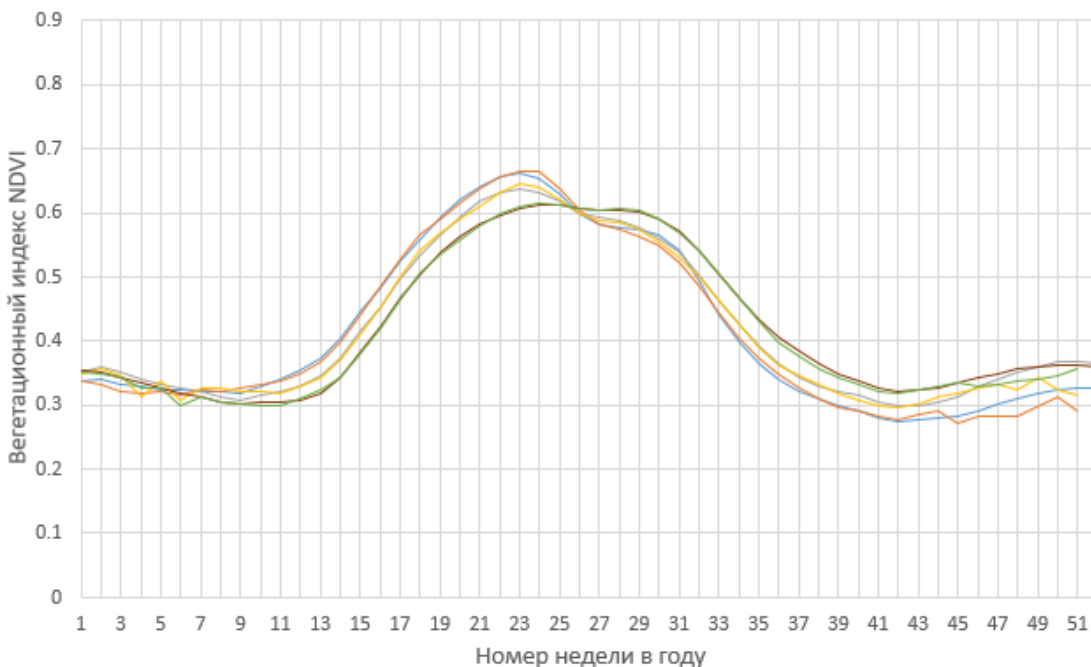
- Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на ход температуры в 2016 году
- Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на ход температуры в 2017 году
- Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на ход температуры в 2018 году



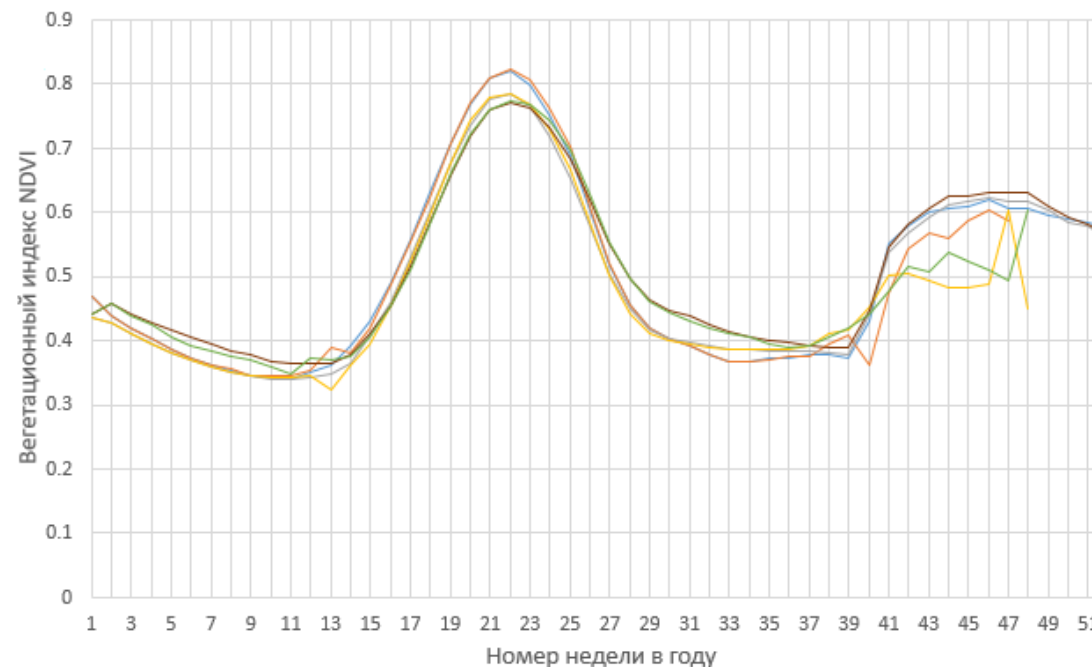
# Анализ результатов нормировки – глубина норм

Графики среднего многолетнего показателя NDVI с нормировкой на среднегодегний ход температуры и без нее при разных глубинах усреднения

пахотные Новопокровского района Краснодарского края



озимые Бутурлиновского района Воронежской области



— Средний многолетний показатель NDVI без нормировки на температуру для глубины усреднения в 5 лет (2014-2018)

— Средний многолетний показатель NDVI с нормировкой на среднегодегний ход температуры для глубины усреднения в 5 лет (2014-2018)

— Средний многолетний показатель NDVI без нормировки на температуру для глубины усреднения в 10 лет (2009-2018)

— Средний многолетний показатель NDVI с нормировкой на среднегодегний ход температуры для глубины усреднения в 10 лет (2009-2018)

— Средний многолетний показатель NDVI без нормировки на температуру для глубины усреднения по всем годам (2001-2018)

— Средний многолетний показатель NDVI с нормировкой на среднегодегний ход температуры для глубины усреднения по всем годам (2001-2018)

# Методы коррекции выбросов

В качестве **первого метода** коррекции выбросов был выбран **итерационный алгоритм для вычисления робастных величин среднего и стандартного отклонения данных**.

Сначала  $p$  данных располагаются в порядке неубывания:  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_p$

Робастное выборочное среднее и робастное стандартное отклонение этих данных обозначаются за  $x^*$  и  $s^*$ . Вычисляются начальные значения для  $x^*$  и  $s^*$ :

$$x^* = \text{медиана}(x_1, x_2, \dots, x_p) \quad (1) \quad s^* = 1.483 * \text{медиана}(|x_1 - x^*|, |x_2 - x^*|, \dots, |x_p - x^*|) \quad (2)$$

Вычисляется:  $\delta = 1.5 * s^*$  (3)

Для каждого  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ) вычисляются:  $x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta, \text{ если } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta, \text{ если } x_i > x^* + \delta \\ x_i, \text{ если } x^* - \delta \leq x \leq x^* + \delta. \end{cases} \quad (4)$

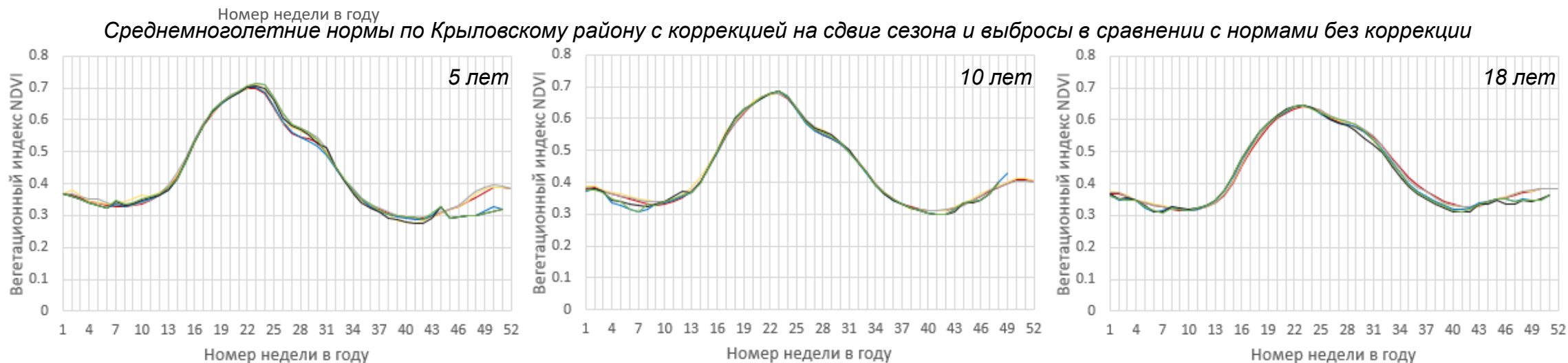
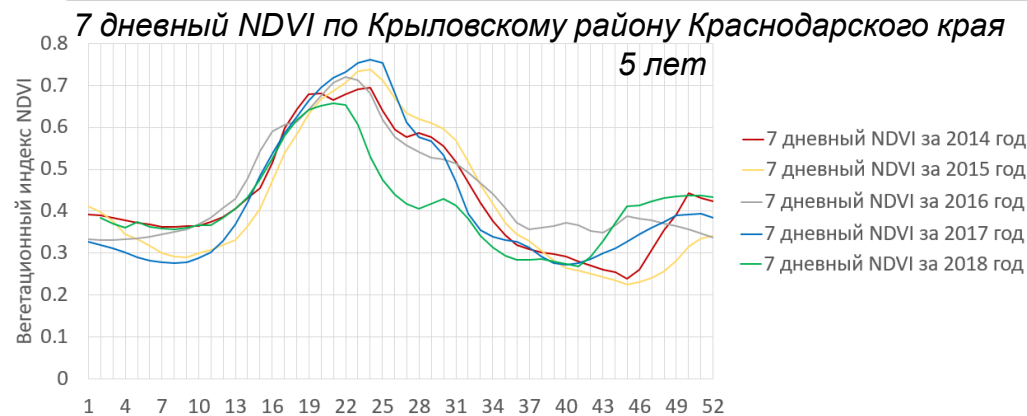
Вычисляются новые значения  $x^*$  и  $s^*$ :

$$x^* = \sum_{i=1}^p x_i^* / p \quad (5) \quad s^* = 1.134 * \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)} \quad (6)$$

Робастные оценки  $x^*$  и  $s^*$  получаются на основе итеративных вычислений  $x^*$  и  $s^*$  в соответствии с формулами (1)-(6) с использованием измененных данных, до тех пор пока результат не начнет повторяться.

**Вторым методом** был выбран расчет **винзоризованного среднего**. Он рассчитывается как обычное среднее, но при этом  $k\%$  наибольших и  $k\%$  наименьших значений заменяются наибольшими и наименьшими значениями из оставшегося массива данных.

# Анализ результатов коррекции выбросов (пахотные)



— Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру

— Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру с применением робастного алгоритма учета выбросов

— Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру с применением винзоризованного алгоритма учета выбросов

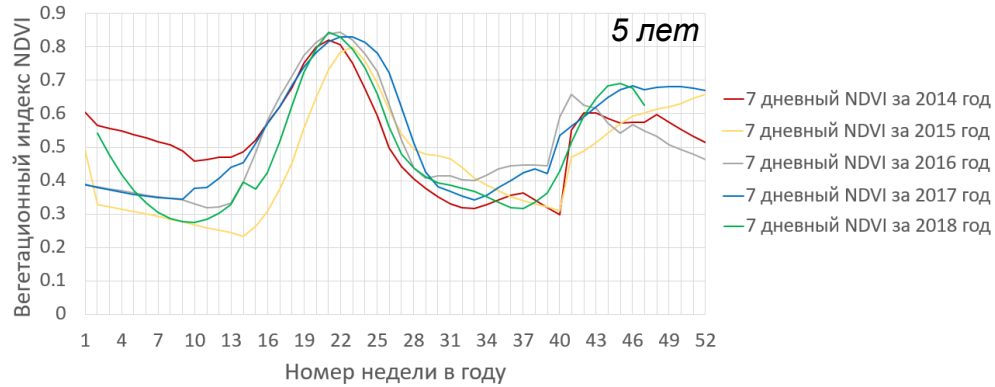
— Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на температуру

— Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на температуру с применением робастного алгоритма учета выбросов

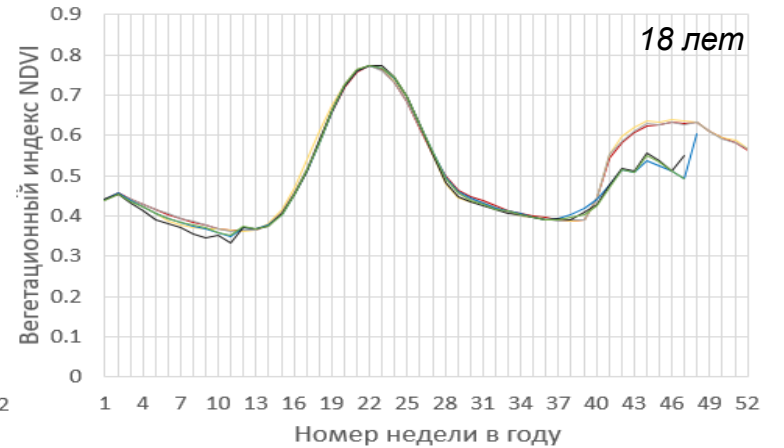
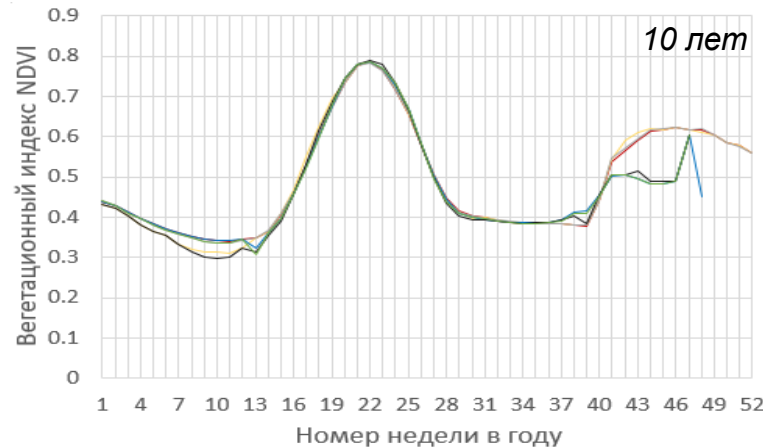
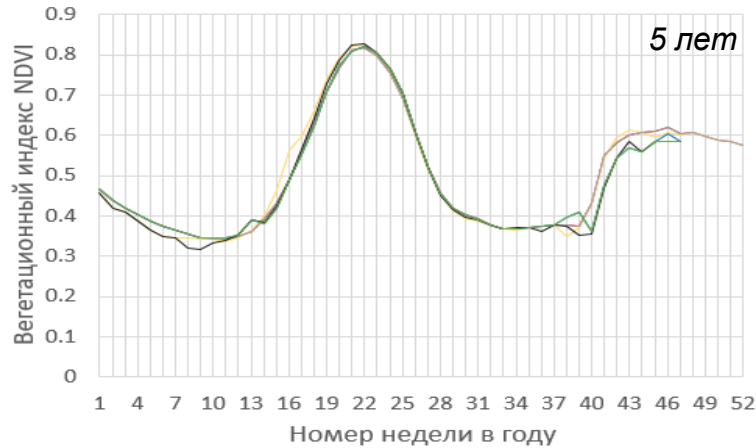
— Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на температуру с применением винзоризованного алгоритма учета выбросов

# Анализ результатов коррекции выбросов (озимые)

7 дневный NDVI по Бутурлиновскому району Воронежской области



Среднеголетние нормы по Бутурлиновскому району с коррекцией на сдвиг сезона и выбросы в сравнении с нормами без коррекции



- |   |   |  |
|---|---|--|
| — Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру   | — Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру с применением винзоризованного алгоритма учета выбросов | — Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на температуру с применением робастного алгоритма учета выбросов       |
| — Средний многолетний показатель NDVI, полученный без нормировки на температуру с применением робастного алгоритма учета выбросов | — Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на температуру  | — Средний многолетний показатель NDVI, полученный с нормировкой на температуру с применением винзоризованного алгоритма учета выбросов |

# Результаты работы

---

**Разработан метод** расчета региональных норм динамики NDVI для различных сельскохозяйственных культур с автоматической коррекцией межгодовых сдвигов вегетационных сезонов.

**Создан модуль** реализующий автоматическую коррекцию.

**Проведен анализ** полученных результатов и получены **следующие выводы:**

- эффективнее всего метод работает на коротких временных интервалах, таких как 5 лет, когда отдельные года могут сильно друг от друга отличаться. В этом случае проведение нормализации и коррекции выбросов целесообразно;
- с увеличением глубины усреднения эффективность падает;
- отсутствие сильного отличия между нормами за все года, построенными с нормировкой на среднегодовую температуру и без нее говорит о том, что за 20 лет на рассматриваемых территориях не наблюдалось существенных климатических изменений.

Созданный модуль может быть использован для проведения **дальнейших исследований** других типов растительности или отдельных культур, в том числе используя другие ВИ.

---

## Спасибо за внимание!

В работе использовались данные и возможности по работе с вегетационными индексами в информационных системах семейства **«Созвездие-Вега»**.

Использовались инструменты, программные интерфейсы и архивы данных Центра коллективного пользования спутниковыми данными – **ЦКП «ИКИ-Мониторинг»**.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки  
(тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164).