



Двадцать третья международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"



ИВП
РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ



Оценка эффективности использования водных ресурсов для орошения агроценозов на уровне оросительных систем

Ермолаева Ольга Сергеевна

Ст. преподаватель кафедры прикладной информатики
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, заведующий
лабораторией ГИС и ДЗЗ

Зейлигер Анатолий Михайлович

Главный научный сотрудник, ИВП РАН,
Южный федеральный университет, д.б.н.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

1. Орошаемое земледелие занимает всего лишь **20%** мировых сельскохозяйственных угодий

2. На орошаемых агроценозах получают **40%** мирового производства растительной продукции



ЗАДАЧИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ



Повышение урожайности посевов орошаемых сельскохозяйственных культур



Снижение непроизводительных потерь поливной воды



Минимизация негативного воздействия орошения на окружающую среду



Готовность к неблагоприятным изменениям климата



ЦИФРОВОЕ ТОЧНОЕ ОРОШЕНИЕ

высокоэффективное использование водных и земельных ресурсов, а также устойчивому развитию сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в условиях дефицита природных ресурсов и изменения климатических условий.

Спрос на объективную информацию о динамике изменения площадей орошаемых земель и эффективности проводимых мер господдержки

Вызовы в сельском хозяйстве

- Изменение климата, уменьшение площади сельскохозяйственных угодий и их деградация.
- Поиск эффективных методов управления посевными площадями и повышения урожайности.
- Традиционные методы мониторинга трудоемкие и не способны обеспечить необходимый уровень детализации.

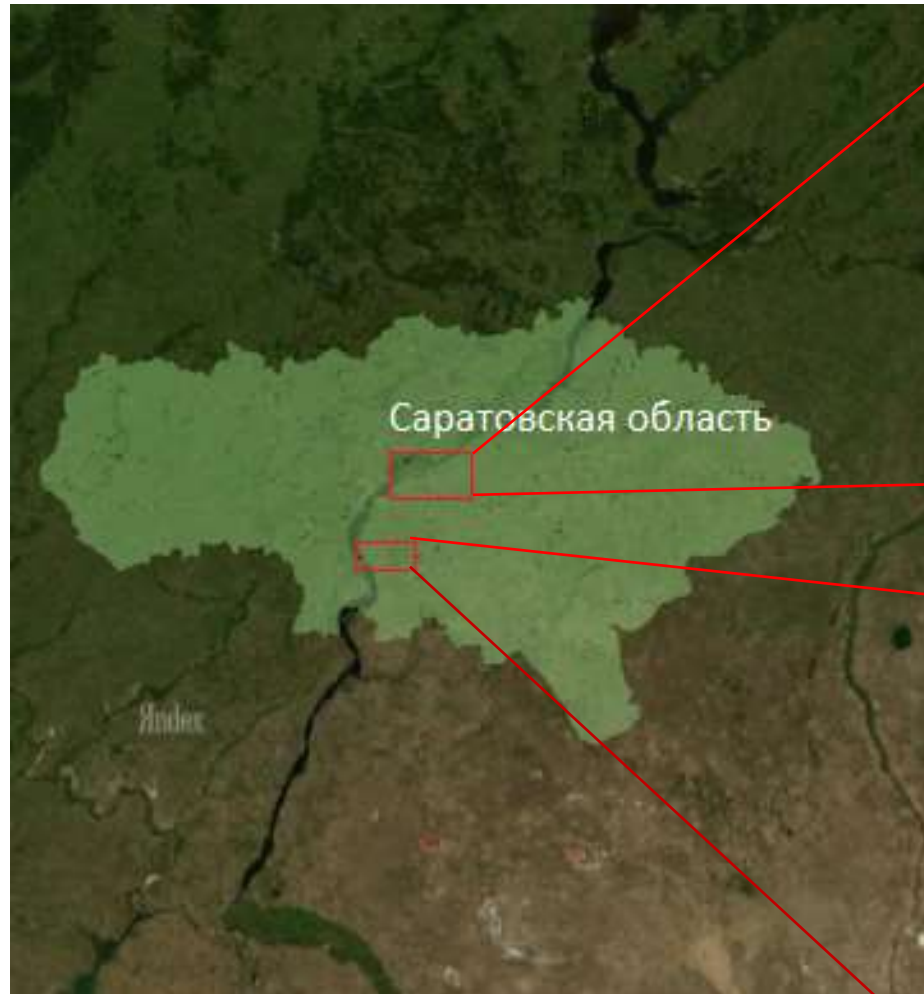
Спрос на объективную информацию об эффективности применения орошения и возможности снижения затрат

Потребности

- Повысить урожайность посевов орошаемых сельскохозяйственных культур.
- Высвободить водные ресурсы за счет сокращения их непроизводительных потерь при орошении.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

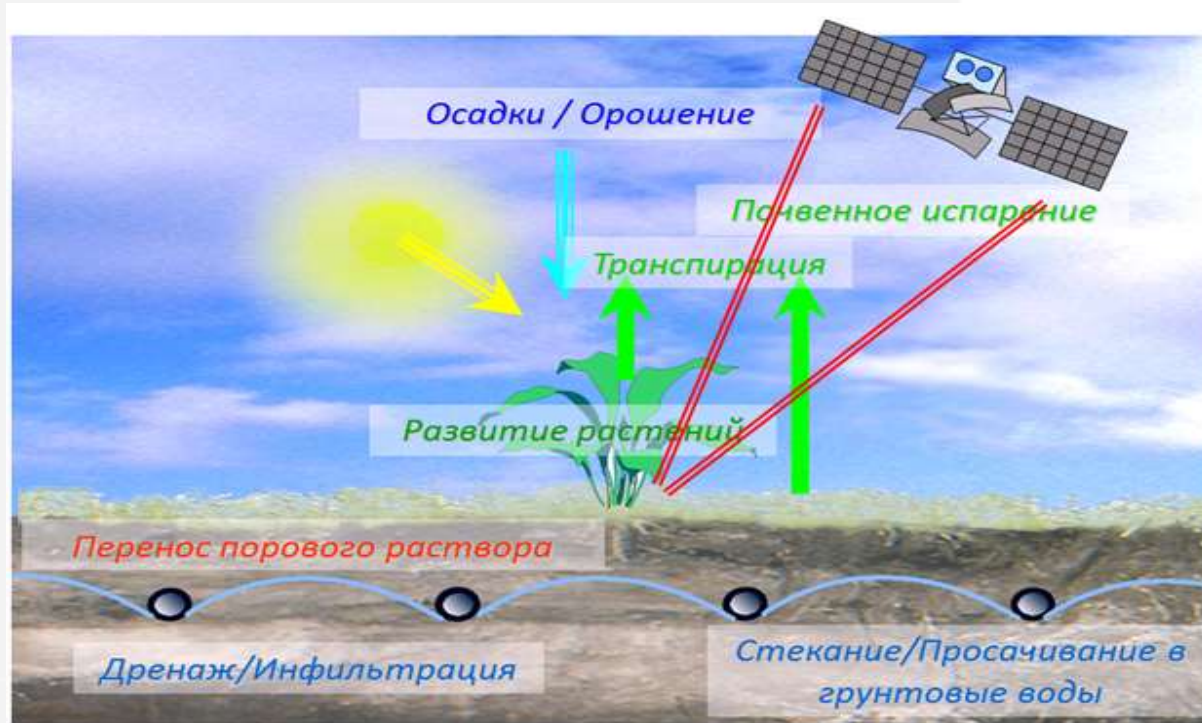
Марковский район,
Комсомольская и Приволжская ОС



Энгельсский район, УНПО «Поволжье»,
СТАУ

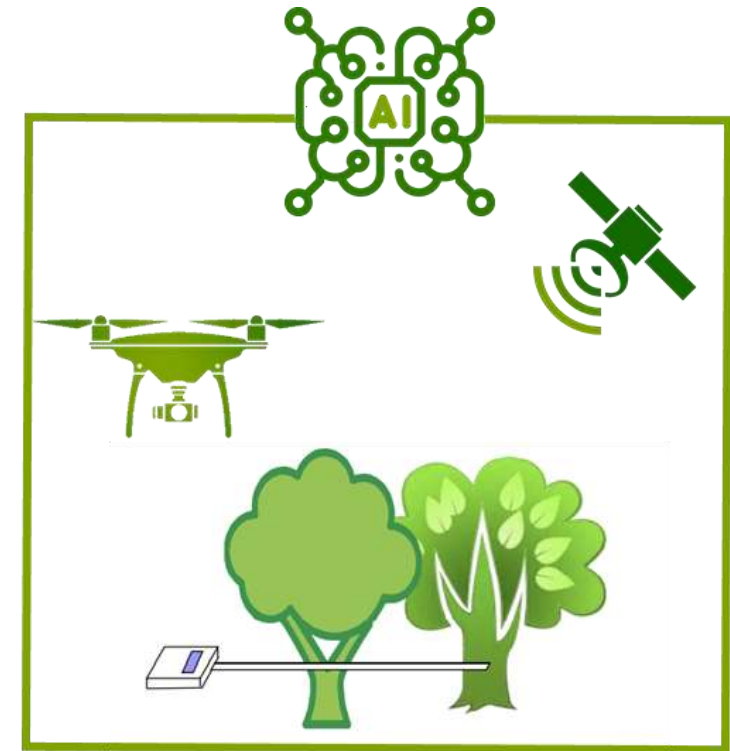


ОЦЕНКА ВОДОЭФФЕКТИВНОСТИ



**Эффективность
использования поливной
воды**

$$ВЭ_{ор} = \frac{\text{Урожай}}{\text{Оросительная норма}}$$



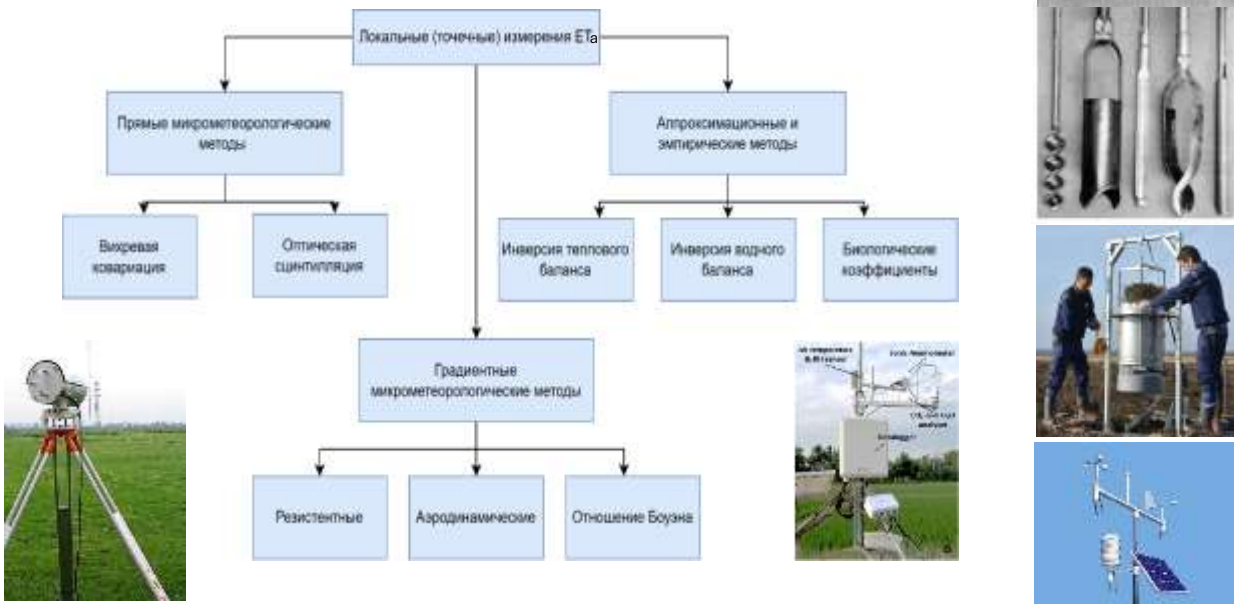
**Водоэффективность
орошения**

$$ЭфИс_{ор} = \frac{\text{Транспирация}}{\text{Оросительная норма}}$$

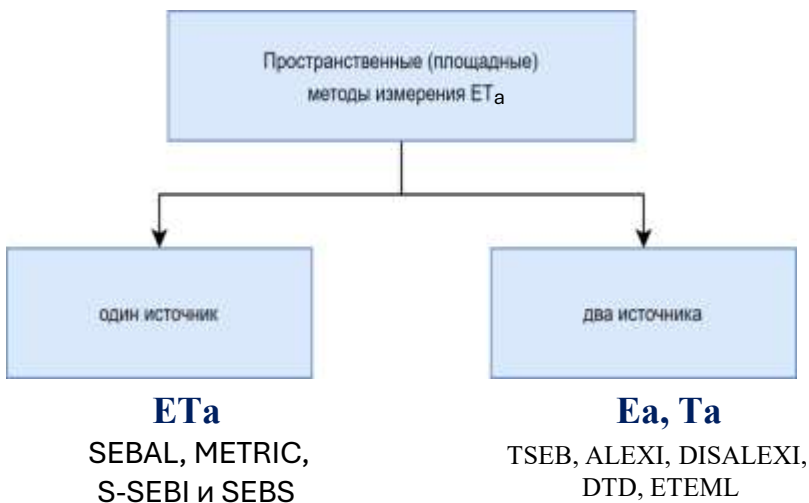
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОТОКА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ ETa

Методы измерения потока ETa

Локальные методы измерений ETa



Пространственные (площадные) методы измерений ETa



БАЗА ГЕОДАННЫХ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ



- 1. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2003г.)
- 2. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2004г.)
- 3. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2005г.)
- 4. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2006г.)
- 5. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2007г.)
- 6. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2008г.)
- 7. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2009г.)
- 8. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2010г.)
- 9. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2011г.)
- 10. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2012г.)
- 11. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2013г.)
- 12. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2014г.)
- 13. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2015г.)
- 14. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2016г.)
- 15. Контура полей, орошаемых ДМ-КД (2017г.)

Данные метеостанции г. Ершов (2003-2017г.)



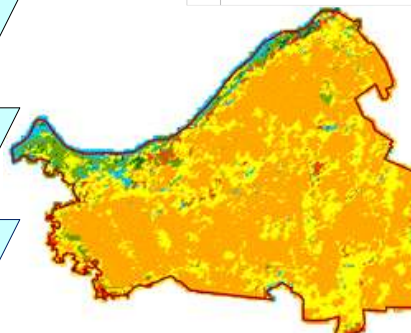
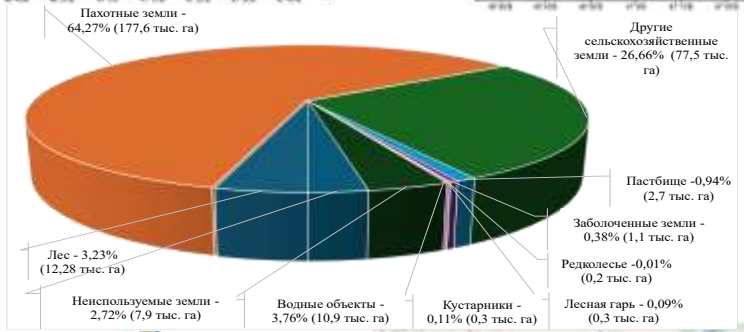
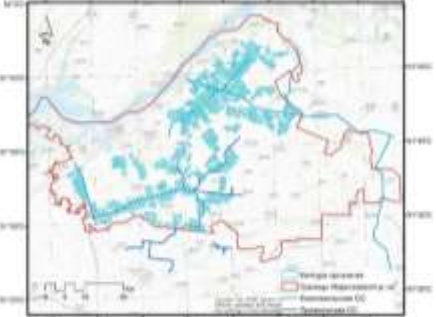
Данные метеостанции г. Маркс (2007-2009г.)

- 1. Административные границы
- 2. Муниципальные поселения
- 3. Поверхностные водные объекты
- 4. Магистральные каналы Приволжской и Комсомольской ОС
- 5. Контура полей, орошаемых дождевальными машинами кругового действия (1976г.)
- 6. Места расположения метеостанции гг. Маркс и Ершов системы Росгидромета
- 7. Растры основных типов землепользования
- 8. Растры потоков суммарного испарения $ETa8$, $ETav$
- 9. Зоны разной удаленности от границы левого берега р. Волги

Административные границы, магистральные каналы

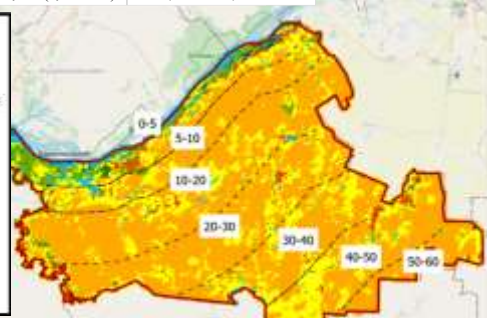


Дождевальные машины кругового действия



Основные типы землепользования

- Легенда:
- 101 - лес
 - 102 - пахотные земли
 - 103 - неиспользуемые земли
 - 108 - другие с/х земли
 - 110 - заболоченные земли
 - 112 - редколесье
 - 113 - лесная гарь
 - 114 - пастбище
 - 115 - кустарник
 - 120 - водные объекты
 - - граница района
 - - граница зон

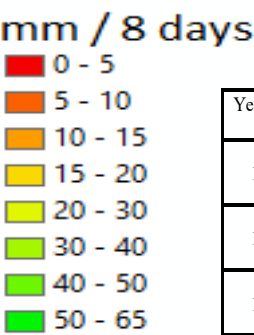


Зоны разной удаленности от уреза левого берега р.Волга

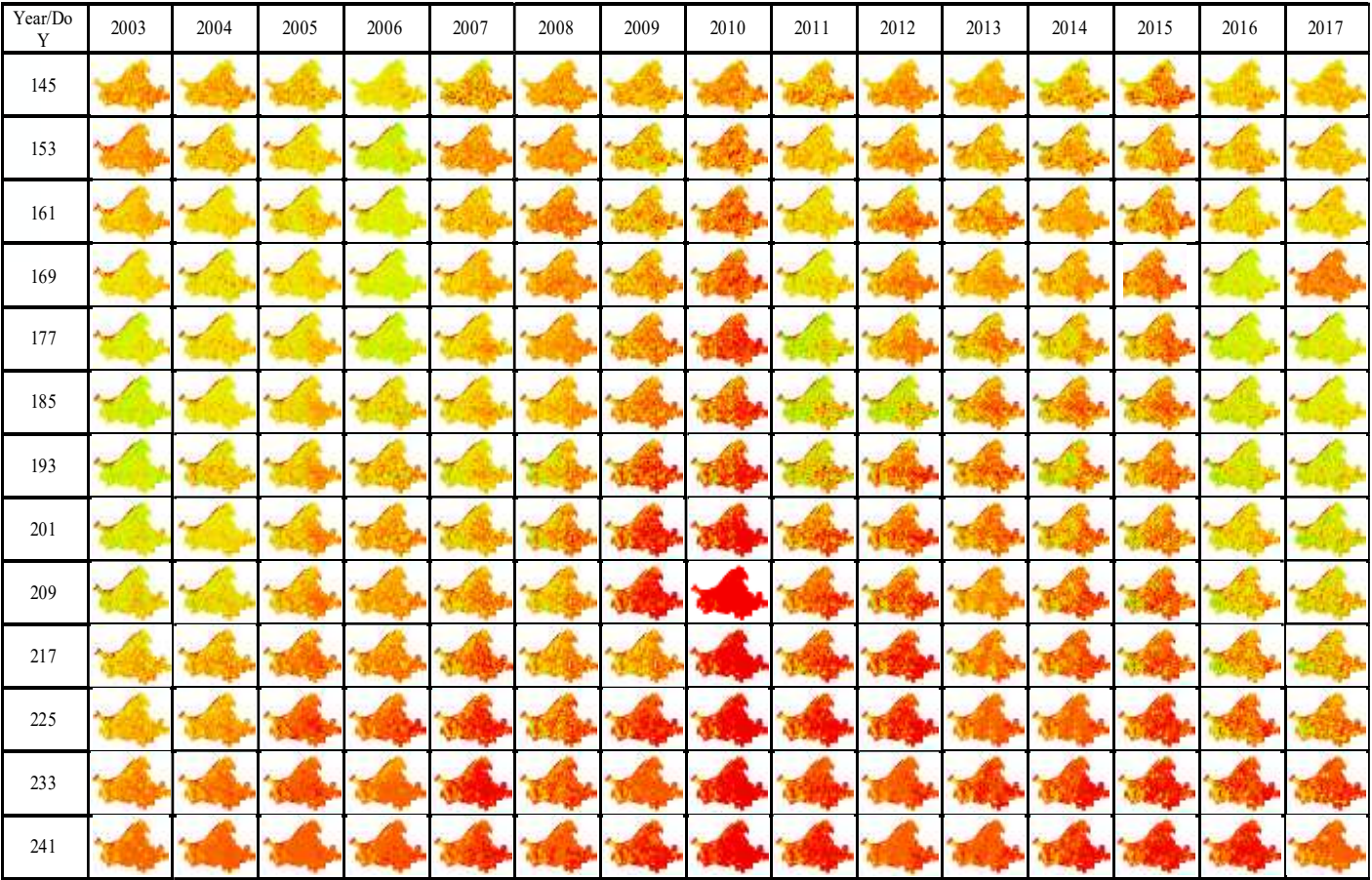
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ГЕОДАТАСЕТА 8 СУТОЧНЫХ ЕТА

Характеристики сформированного пространственно-временного кубического геодатасета ЕТа8 территории Марковского района:

- 1. MOD16A2 - продукт (MODIS Terra/Aqua);
- 2. 15 временных слоев периода 2003-2017гг.);
- 3. 13 восьмисуточных интервалов (оросительный период) 145 (25 мая)- 241(2 сентября);
- 4. 195 растровых слоев геоданных ЕТа8;
- 5. 20 887 бинов 500х500м каждый;
- 6. 19 837 (500х500м) бинов без водных объектов и муниципальных поселений;
- 7. 3 868 215 записей ЕТа8.

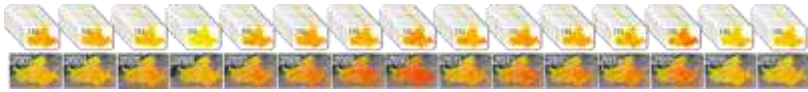


Мозаика геодатасета ЕТа8



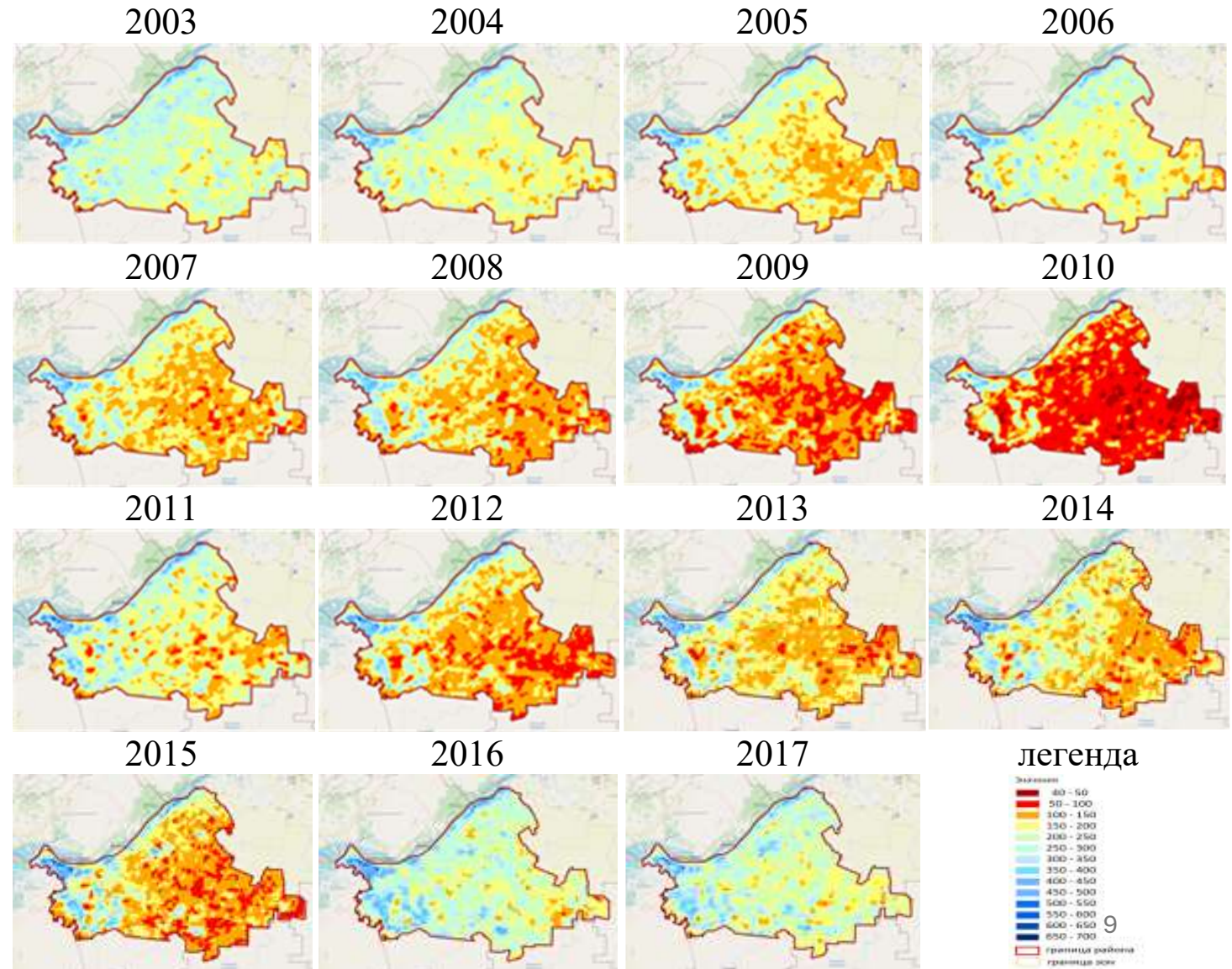
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ГЕОДАТАСЕТА ЕТА ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ПЕРИОДЫ

Мозаика геодатасета ETav



Характеристики сформированного пространственно-временного кубического геодатасета ETav территории Марковского района:

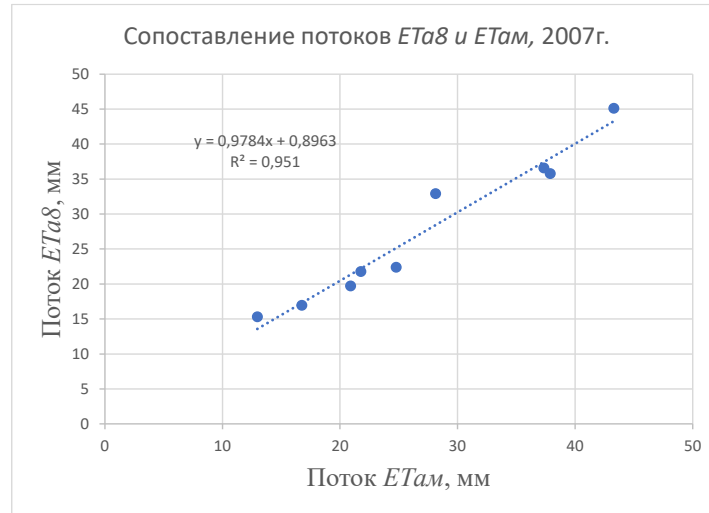
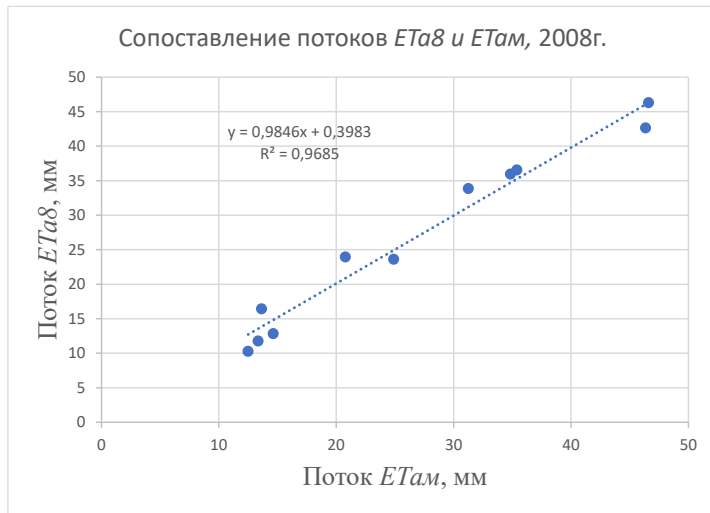
1. MOD16A2 - продукт MODIS;
2. 15 временных слоев ETav за период 2003-2017гг.;
3. 297 555 записей ETav.



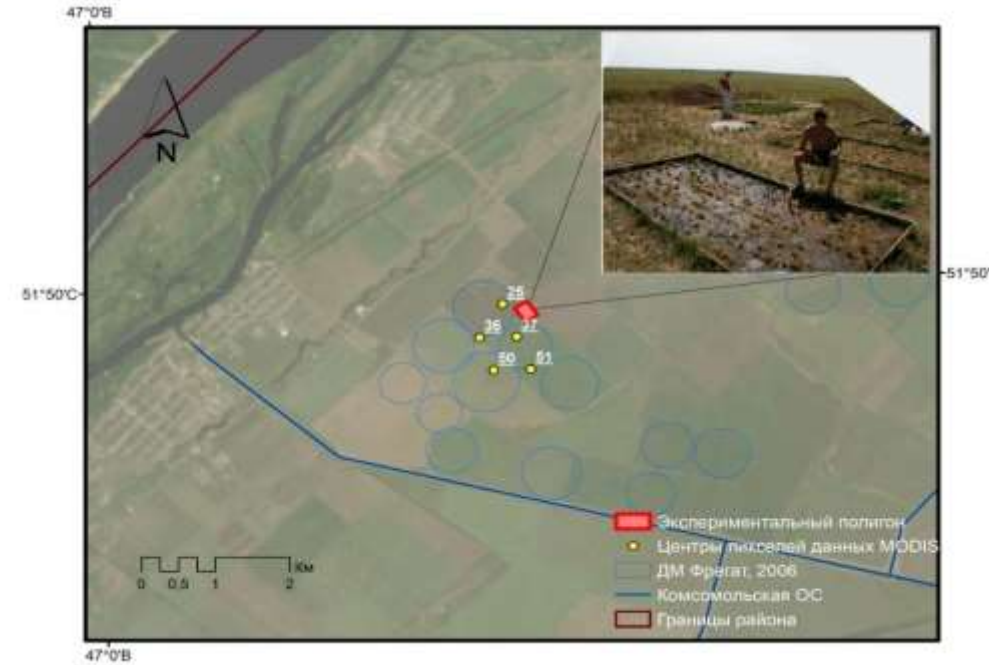
ПОЛЕВАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ОЦЕНКИ ПОТОКА АКТУАЛЬНОГО ВОСЬМИДНЕВНОГО СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ ET_{a8}

Мониторинг влагозапасов КС-ПП на 6 экспериментальных площадках, обустройство которых соответствовало концепции неотрывных почвенных монолитов, был реализован влагомером (профилометром влажности почв) TRIME-FM фирмы «IMKO micromodultechnik, GmbH».

$$ET_{a,i} = P_i + M_i + W_{i+1} - W_i + q_i \uparrow + q_i \downarrow,$$

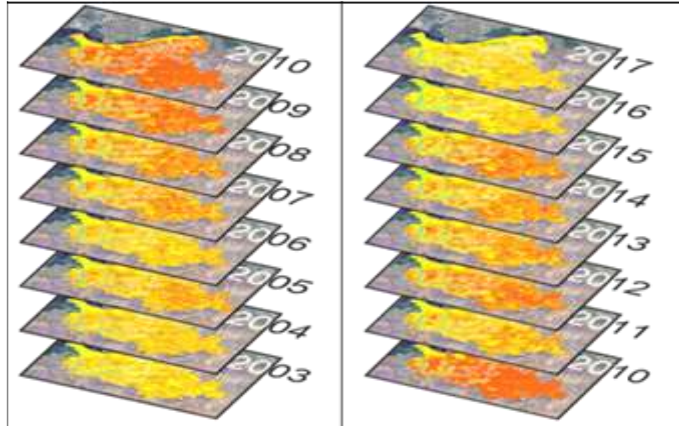
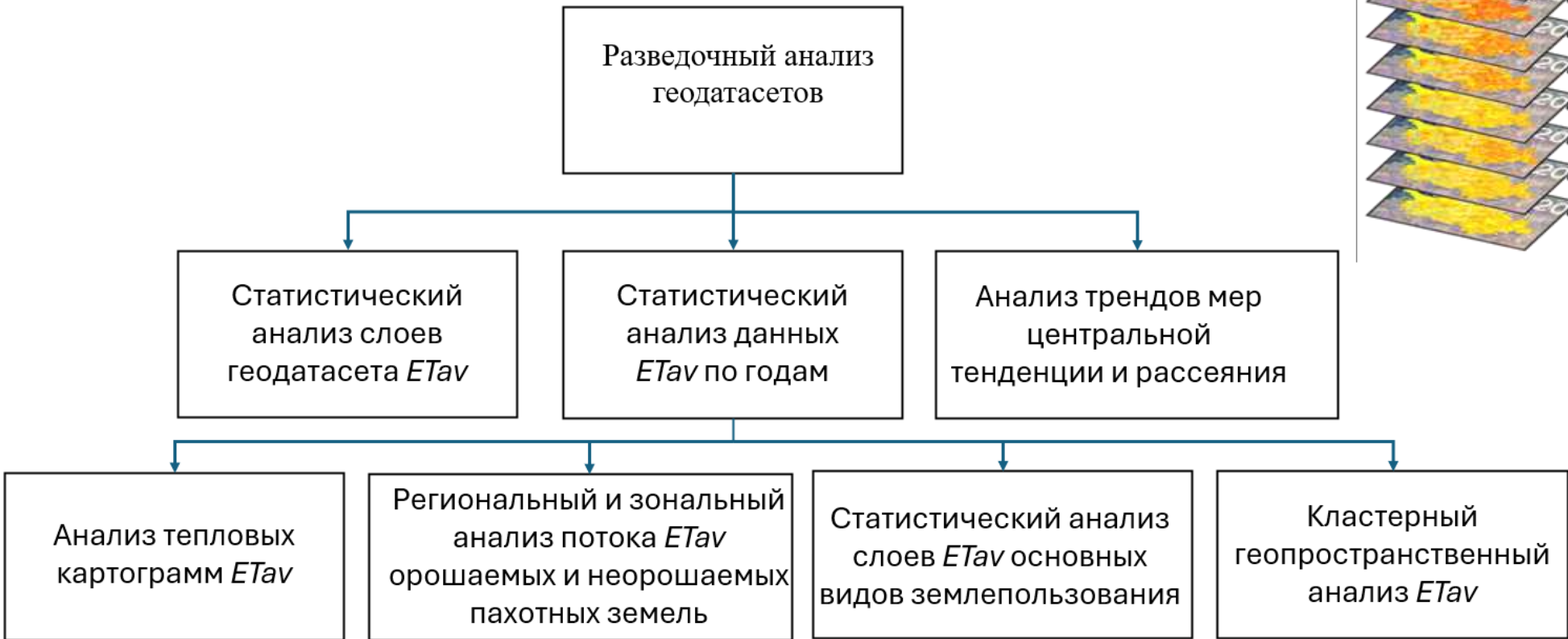


Диаграммы функций попарных значений наборов потоков $ET_{ам}$ и ET_{a8} :
а) 2007 г.; б) 2008 г.



Временные ряды потока $ET_{a,i}$ по шести экспериментальным площадкам были просуммированы по восьмисуточным интервалам, соответствующим потокам ET_{a8} . С использованием этих сумм были рассчитаны члены временного ряда средних экспериментальных значений $ET_{ам}$.

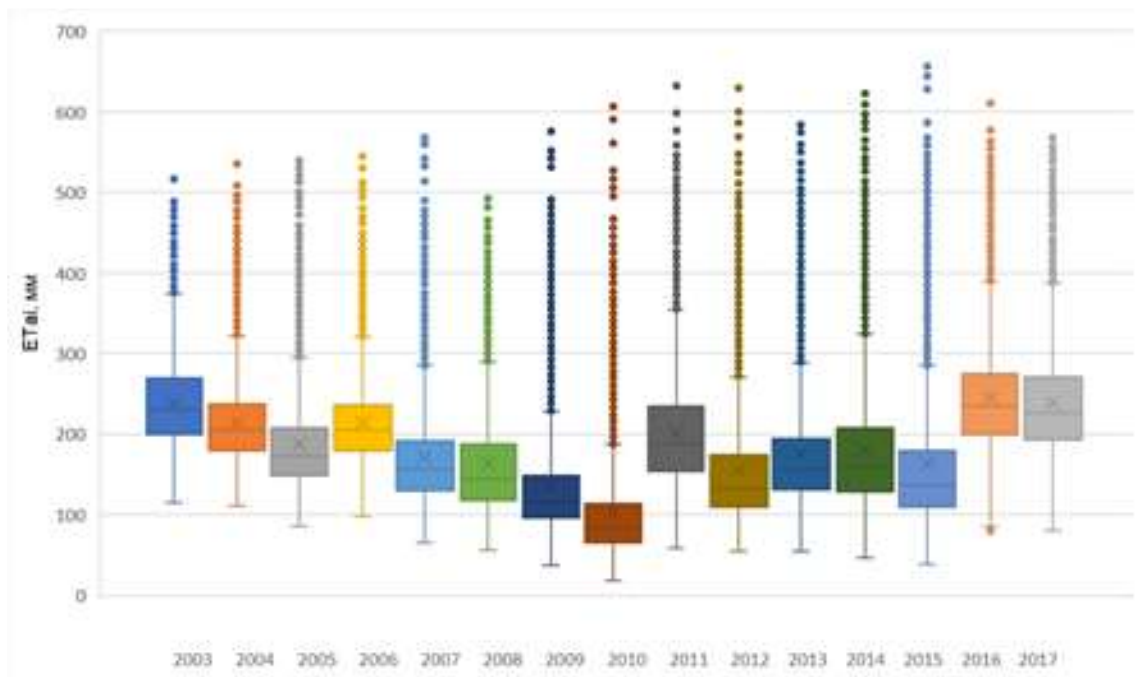
МЕТОДИКА РАЗВЕДОЧНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ETav



СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОДАТАСЕТА ЕТАВ

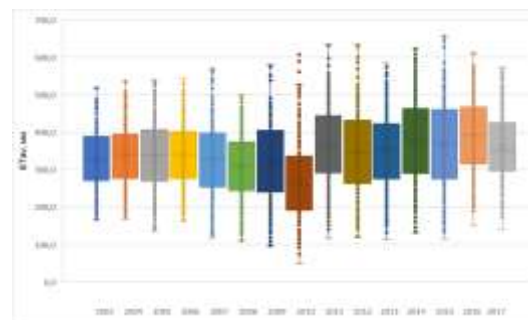
Функции дифференциального распределения значений

ВСЕ 12ть ВИДОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

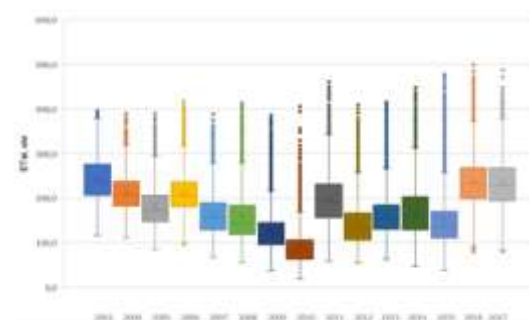


4-ре ОСНОВНЫХ ВИДА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ (98% площади)

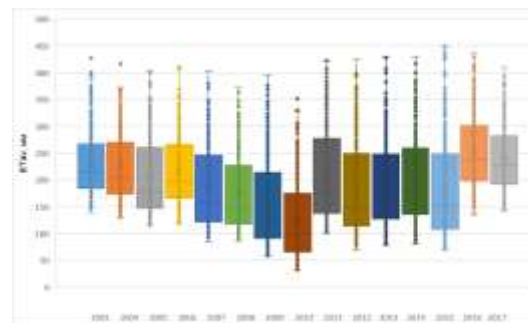
ЛЕС



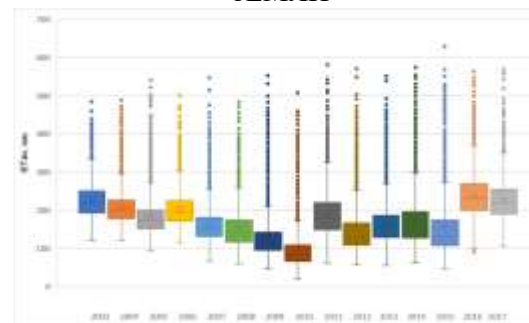
ПАХОТНЫЕ ЗЕМЛИ



НЕИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЗЕМЛИ



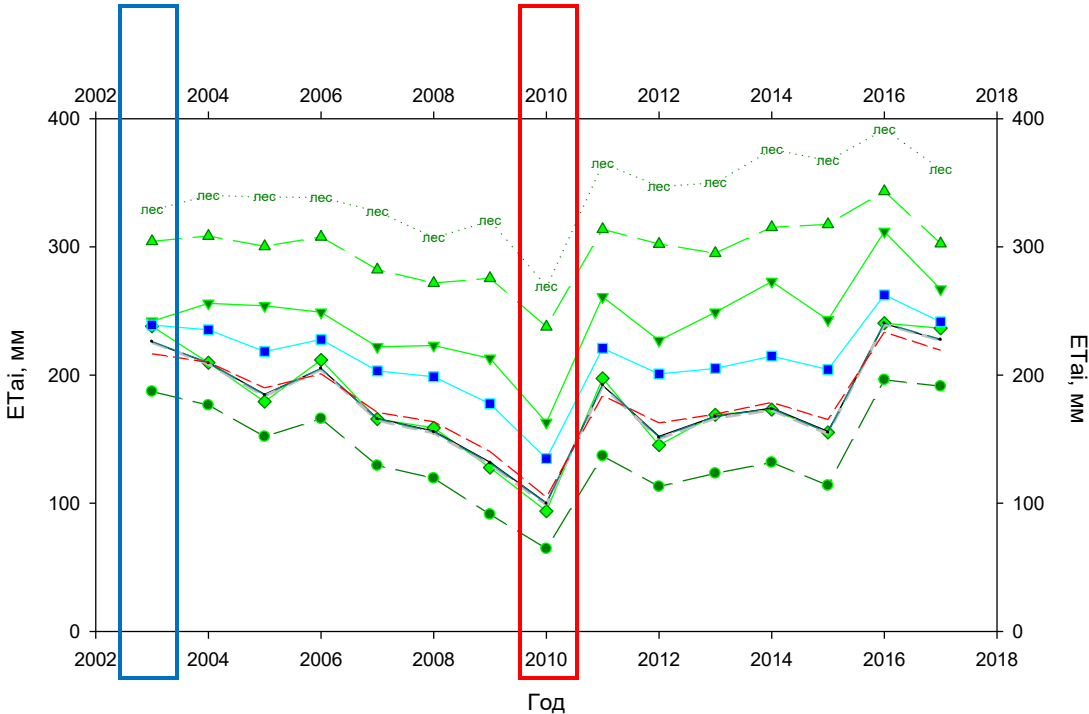
ДРУГИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ
ЗЕМЛИ



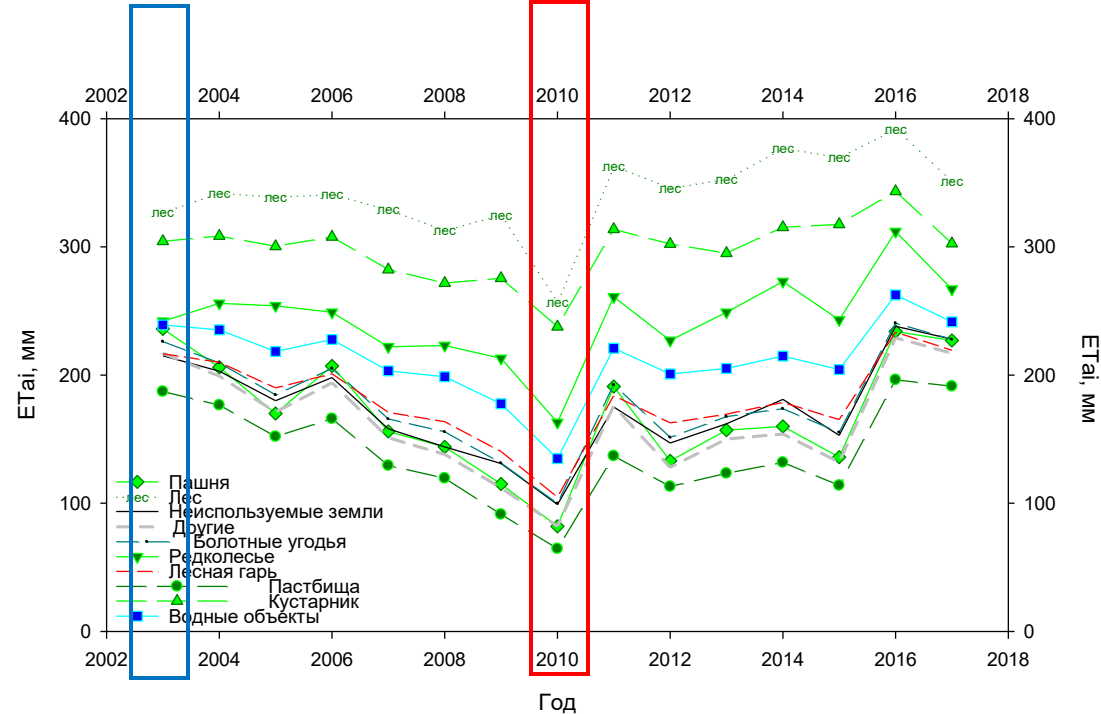
АНАЛИЗ ТРЕНДОВ МЕР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТЕНДЕНЦИИ И РАССЕЯНИЯ

Профили центральных мер слоев датасета *ETav* основных видов землепользования

СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ

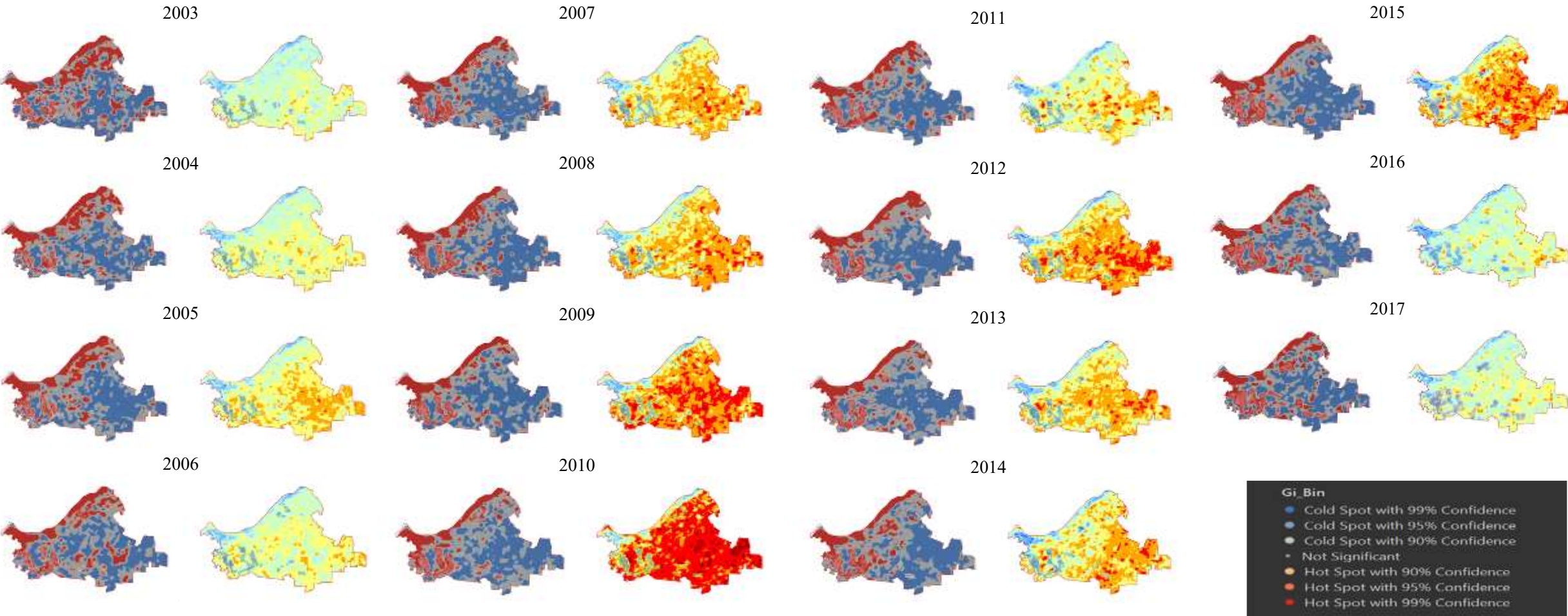


МЕДИАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ



АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ КАРТОГРАММ ГЕОДАТАСЕТА ETav

Картограммы результатов геостатистического кластерного анализа потоков геодатасета *ETav* за оросительные периоды 15-ти лет исследованного периода 2003-2017 г.



КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОДАТАСЕТА ETav

Картограммы медианных значений скоростей трендов геодатасета *ETav* за 2003-2010гг. и 2010-2017гг.



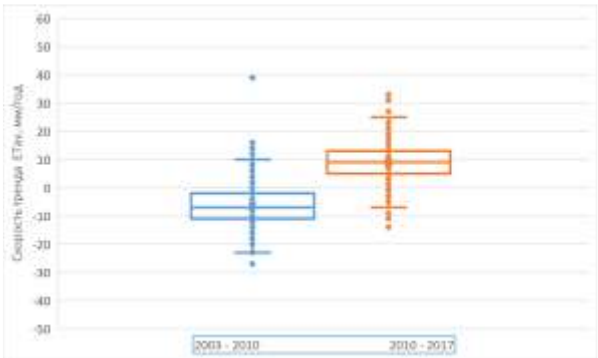
Картограммы медианных значений скоростей трендов геодатасета *ETav* за 2003-2010гг. и 2010-2017гг

ЛЕС

ПАХОТНЫЕ ЗЕМЛИ

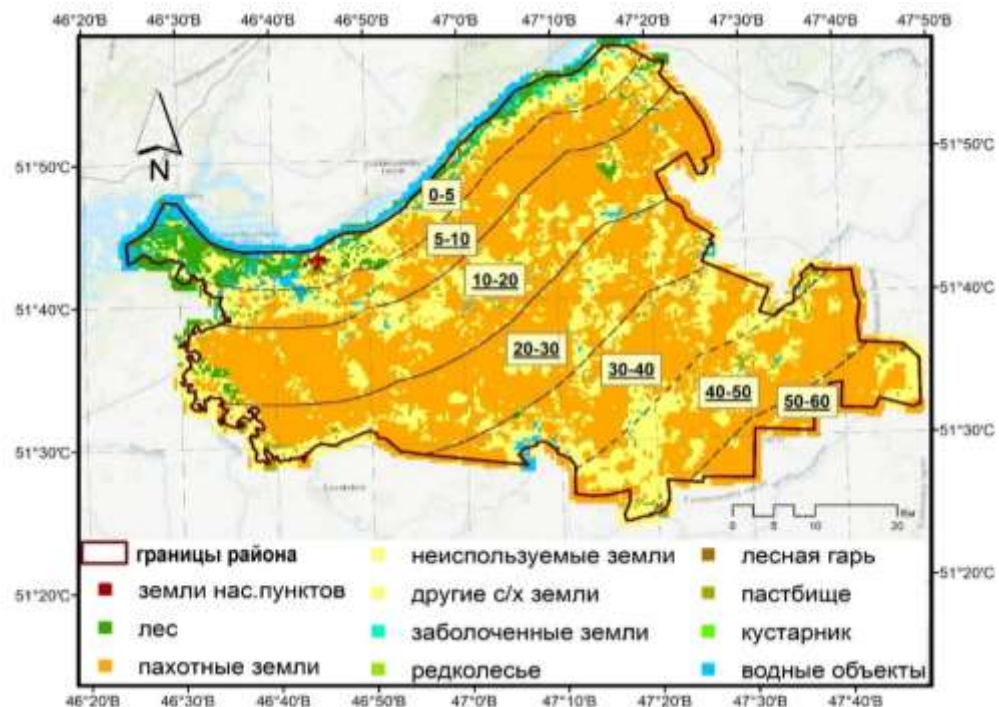
НЕИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЗЕМЛИ

ДРУГИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ
ЗЕМЛИ

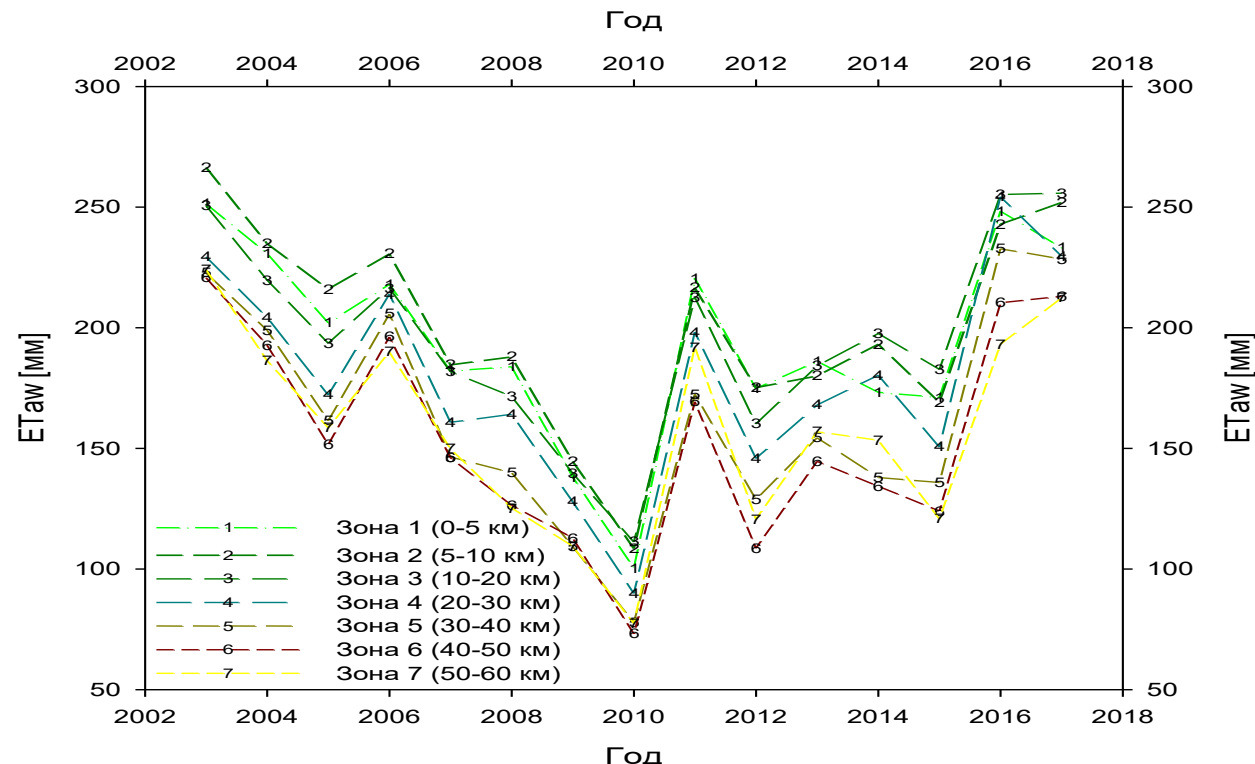


ЗОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОДАТАСЕТА ETav

Визуализация выделенных зон (1-7) для расчета зональных характеристик ETav

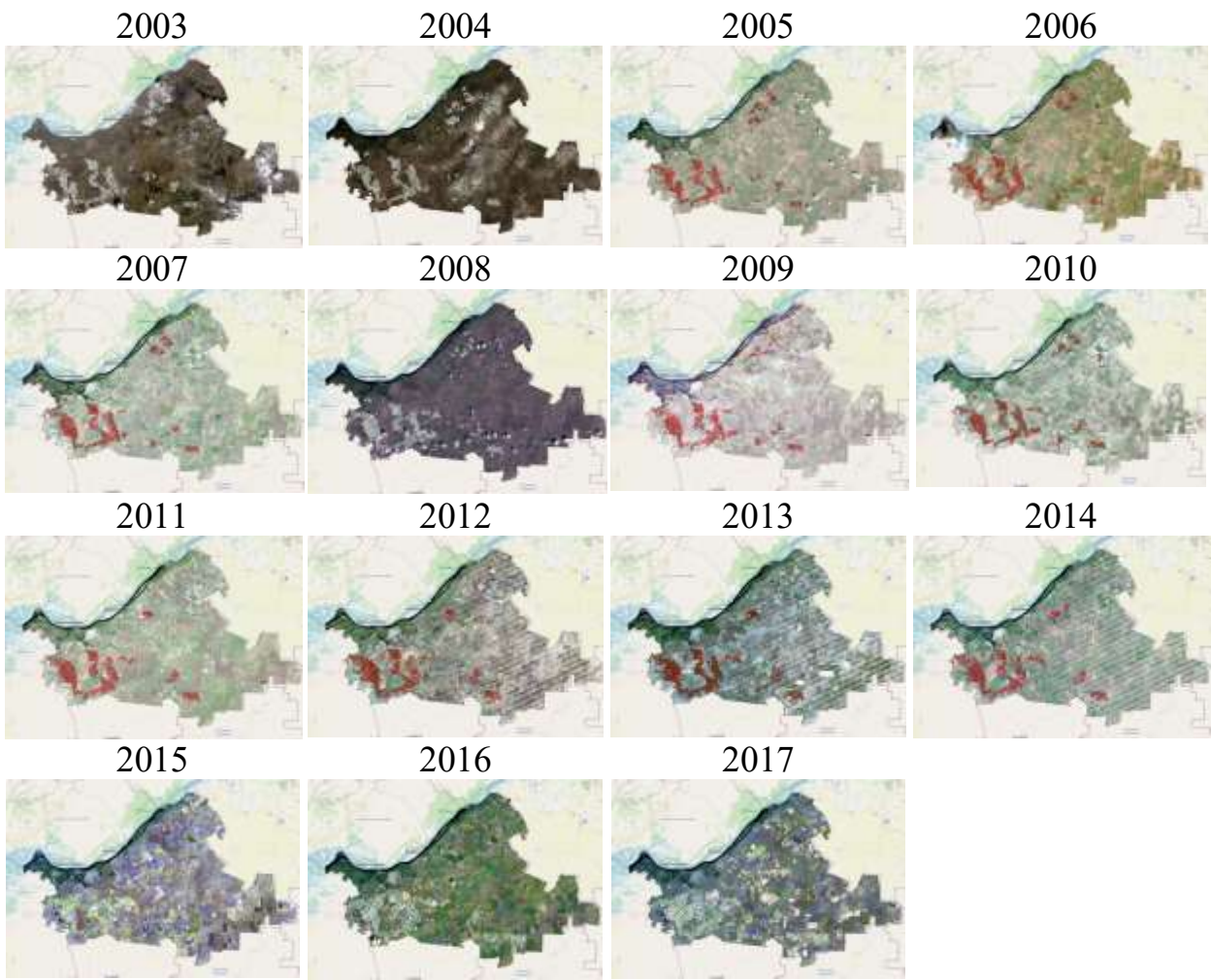


Профили центральных мер слоев датасета ETav пахотных земель по зонам 1-7

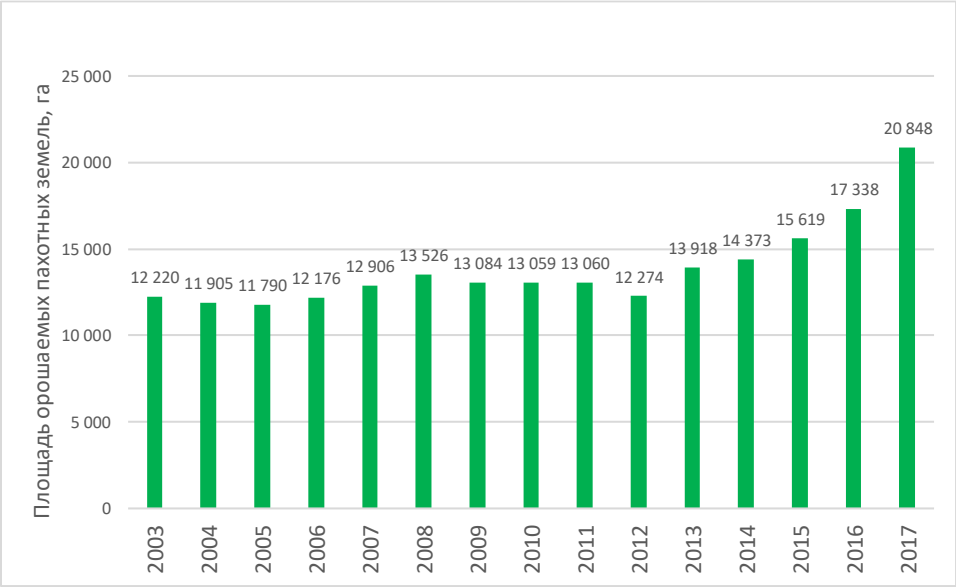
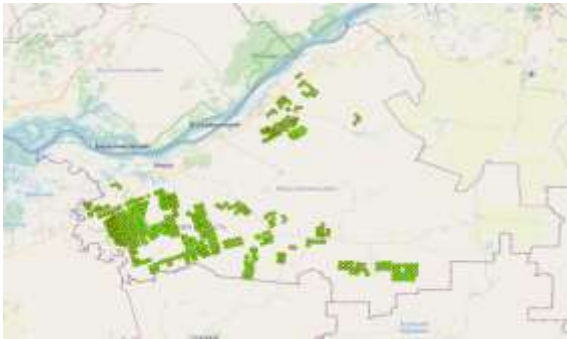


ФОРМИРОВАНИЕ МАСОК ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ (ДМ-КД) ЗА 2003-2017ГГ. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ LANDSAT 7,8

Мозаика слоев масок ДМ-КД



Слой обобщенных масок ДМ-КД



ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ETav ОРОШАЕМЫХ И НЕОРОШАЕМЫХ АГРОЦЕНОЗОВ

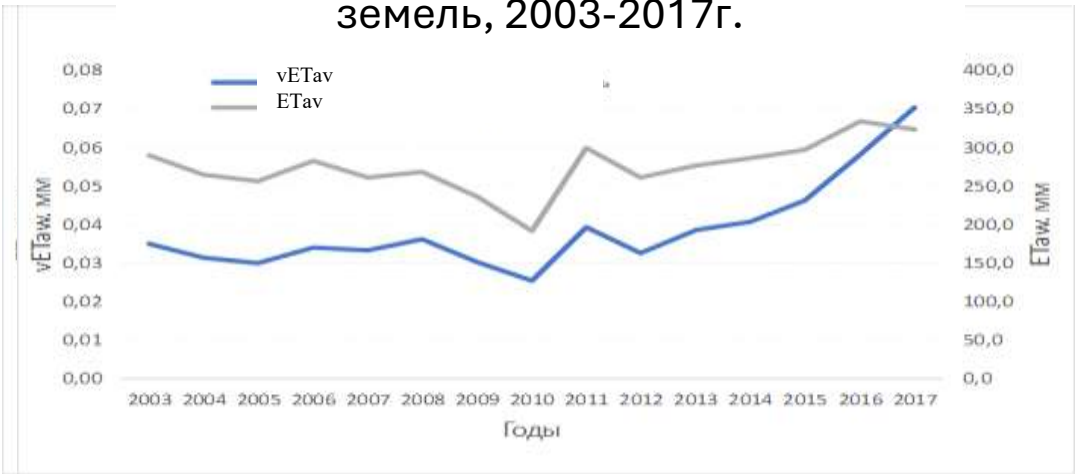
ETav **орошаемых** пахотных земель, 2003-2017г.



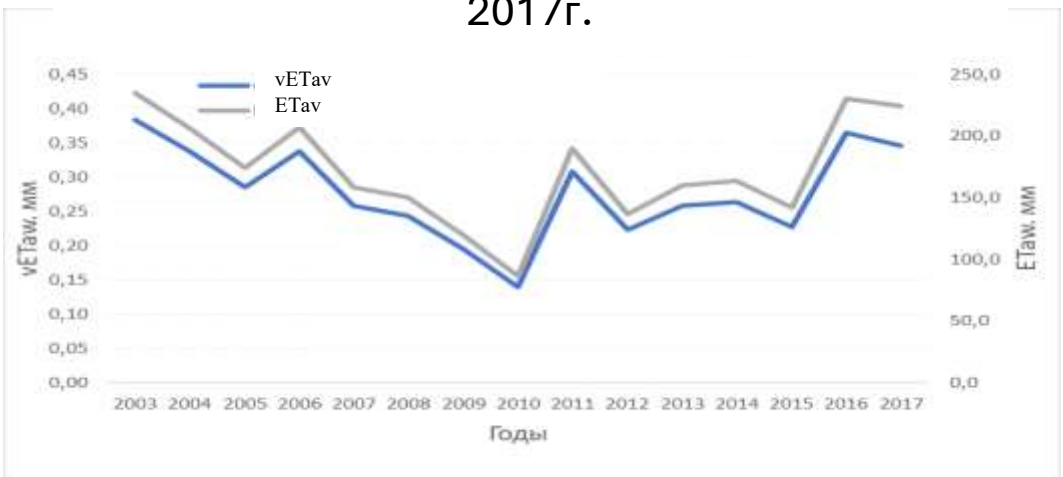
ETav **неорошаемых** пахотных земель, 2003-2017г.



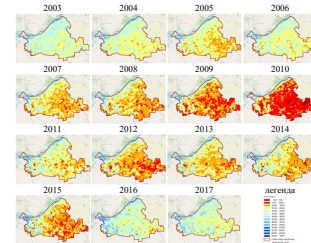
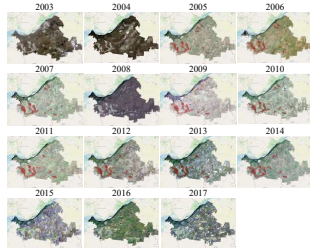
vETav и ETav **орошаемых** пахотных земель, 2003-2017г.



vETav **неорошаемых** пахотных земель, 2003-2017г.

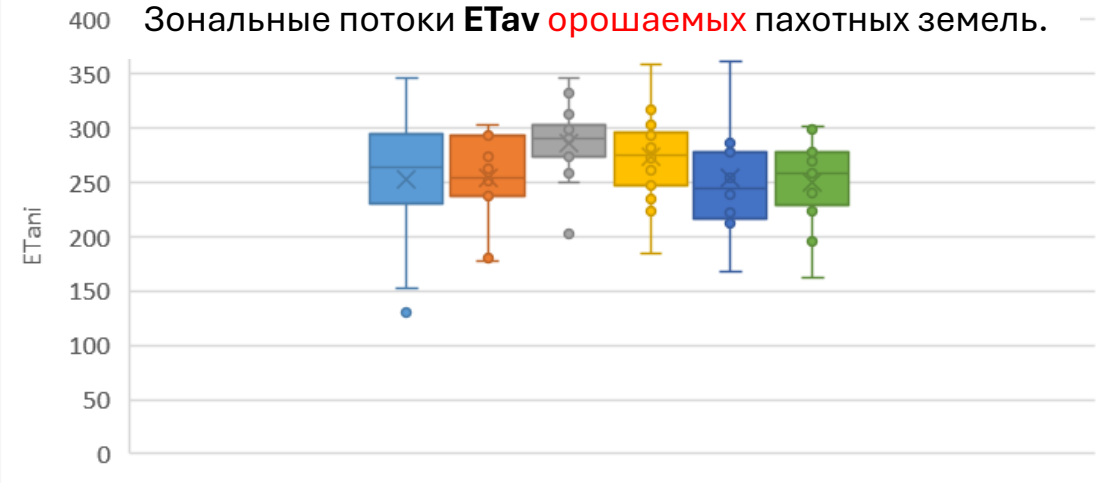
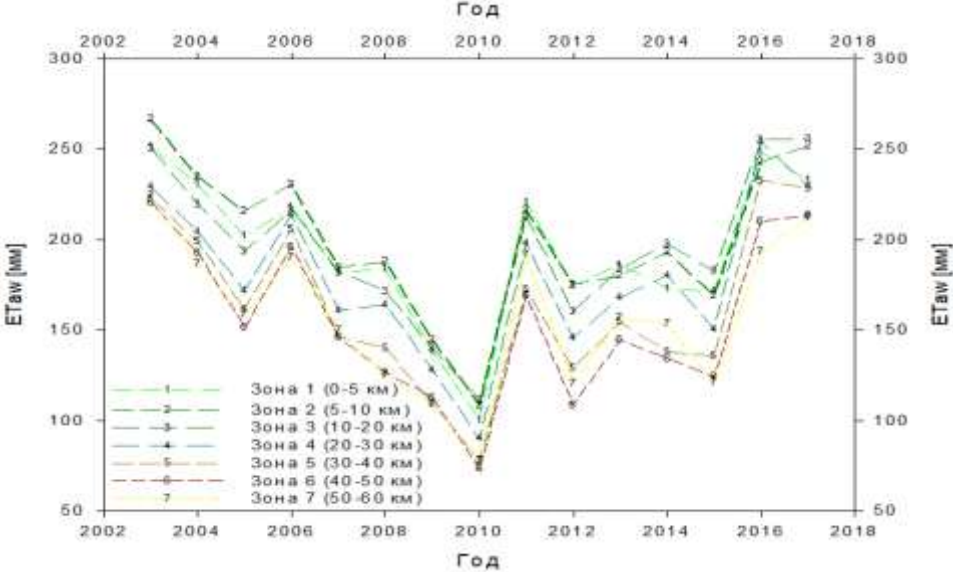


ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЗОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ЕТАВ ОРОШАЕМЫХ И НЕОРОШАЕМЫХ АГРОЦЕНОЗОВ (2)



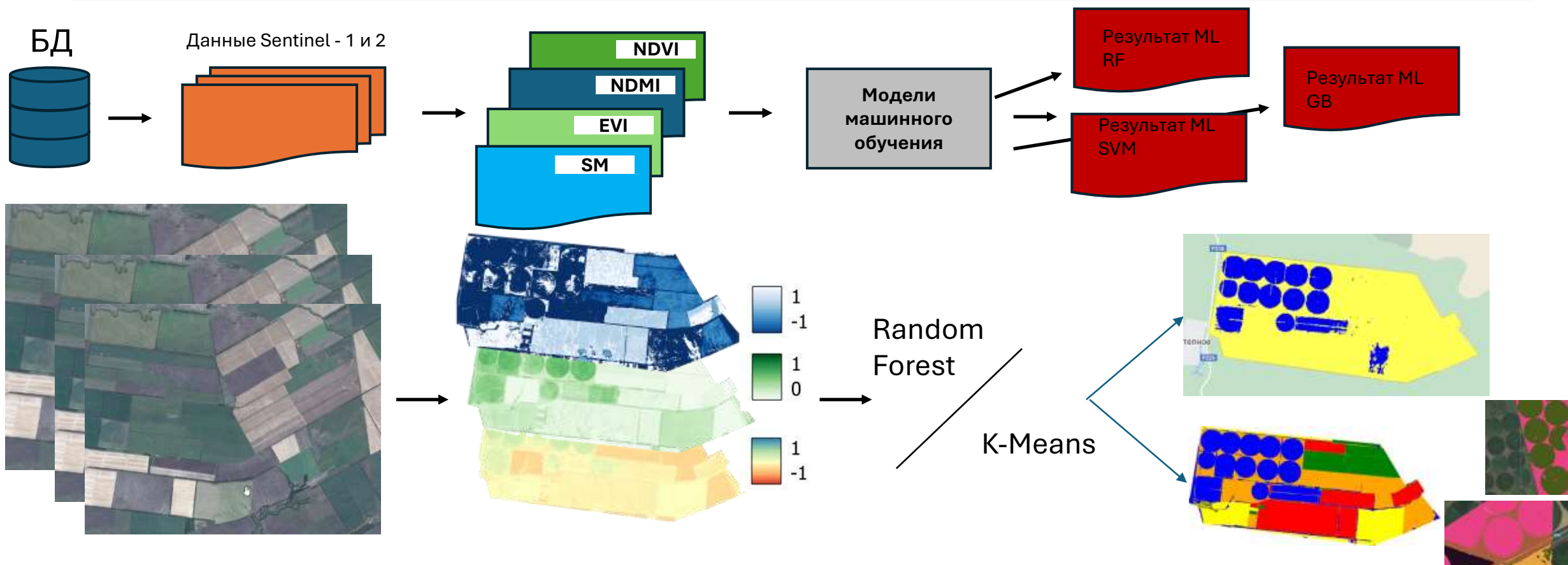
ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЗОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ETav ОРОШАЕМЫХ И НЕОРОШАЕМЫХ АГРОЦЕНОЗОВ (3)

Средние зональные потоки **ETav** орошаемых и неорошаемых пахотных земель



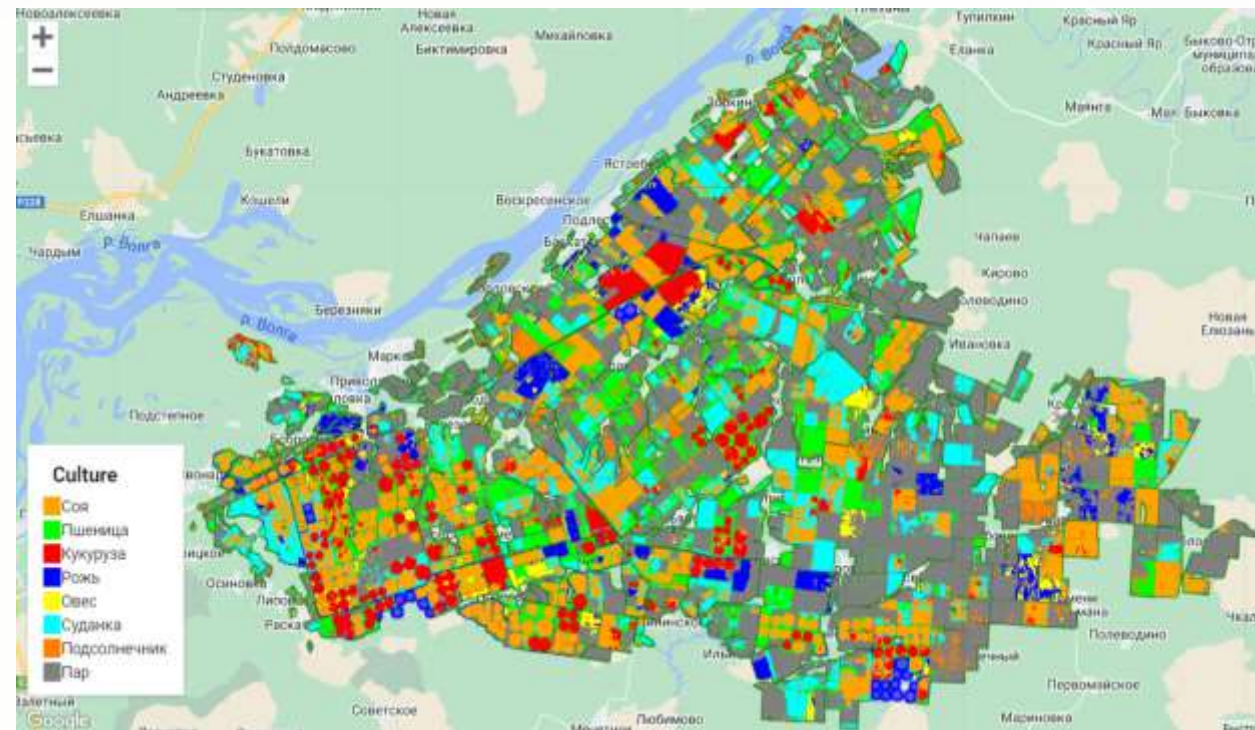
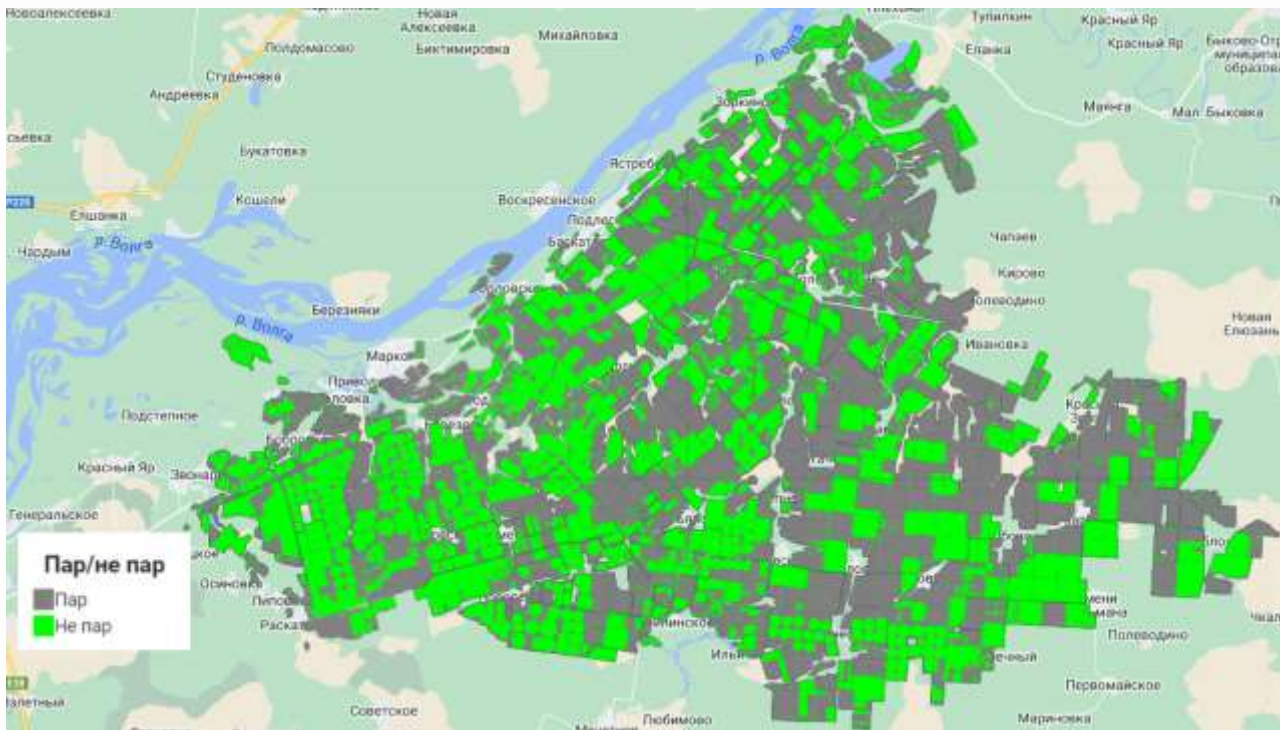
В рамках данного проекта проводилось следующие исследования

Оценка возможности автоматического идентификации орошаемых агроценозов по данным Sentinel-1 и Sentinel-2 с использованием машинного обучения



В рамках данного проекта проводилось следующие исследования (2)

Классификация пахотных земель:
пар/не пар и в разрезе сельскохозяйственных культур



ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПОЗВОЛИТ:





ИВП
РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ



Спасибо за ваше внимание!

Ермолаева О.С.,
ol_ermolaeva@rgau-msha.ru
Зейлигер А.М.,
azeiliger@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2025-0001 («Исследования процессов формирования ресурсов поверхностных и подземных вод, экстремальных гидрологических явлений в изменяющихся климатических условиях, развитие методов параметризации гидрологических процессов в моделях климата») Государственного задания ИВП РАН.

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030").