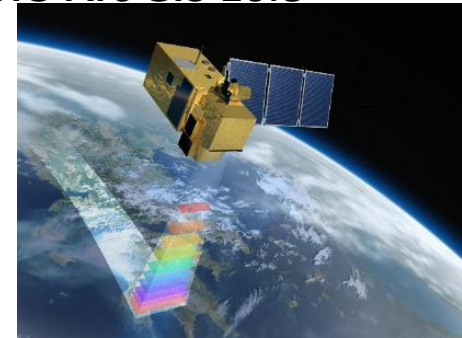




**Методика идентификации мест размещения и характера функционирования дождевальных машин кругового действия на основе кластерного пространственно-временного анализа слоев потоков ETa<sub>i</sub> с использованием инструмента Emerging Hot Spot Analysis ПО Arc GIS 10.8**



А.М. Зейлигер, О.С. Ермолаева  
ФГБУ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева



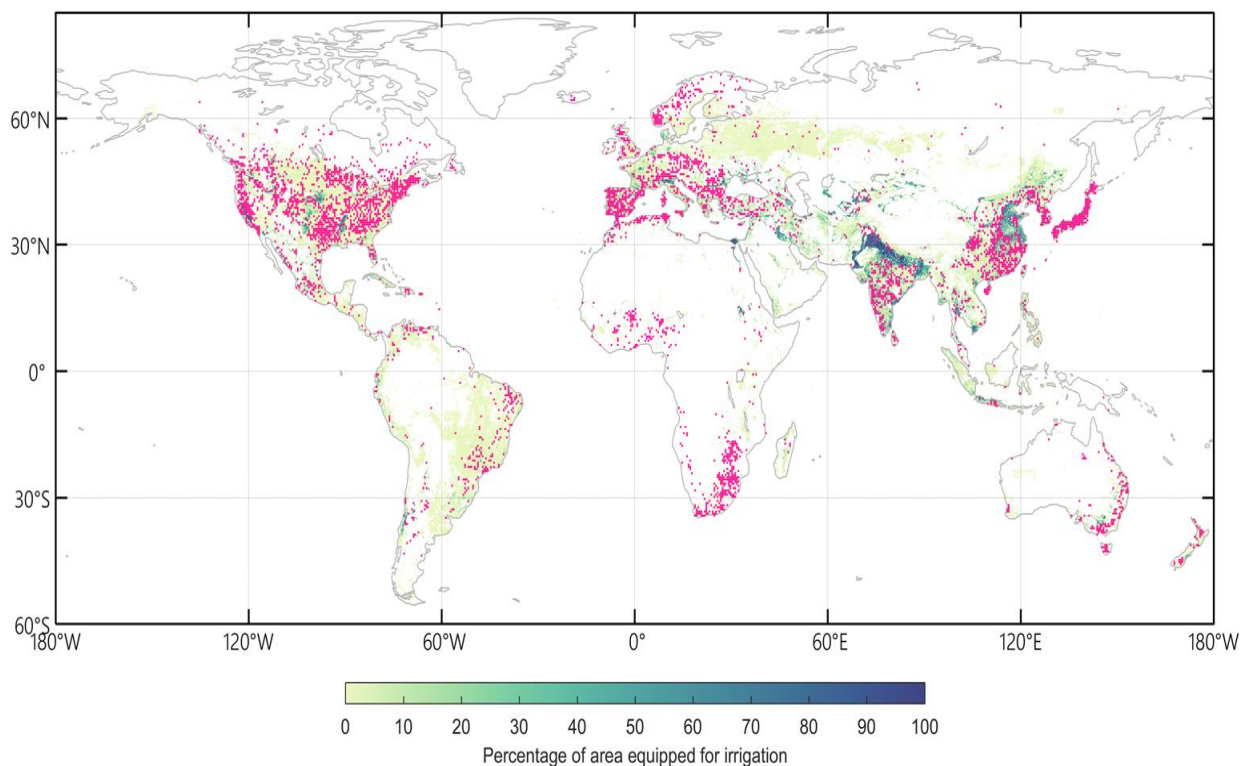
# Irrigation Water Accounting (1)

## Водохранилища (розовые точки) и процент орошаемых сельскохозяйственных земель

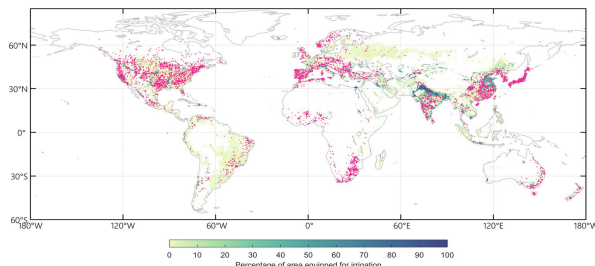
Характеристики орошаемых сельскохозяйственных земель на мировом уровне:

1. **Площадь орошаемых пахотных земель составляет 18% пахотных земель;**
2. **На орошаемых землях производится 40% сельскохозяйственной продукции;**

Madramootoo, C. A., and Fyles, H. (2010). Irrigation in the context of today's global food crisis. *Irrig. Drain.* 59, 40–52. doi: 10.1002/ird.555



# Irrigation Water Accounting (2)

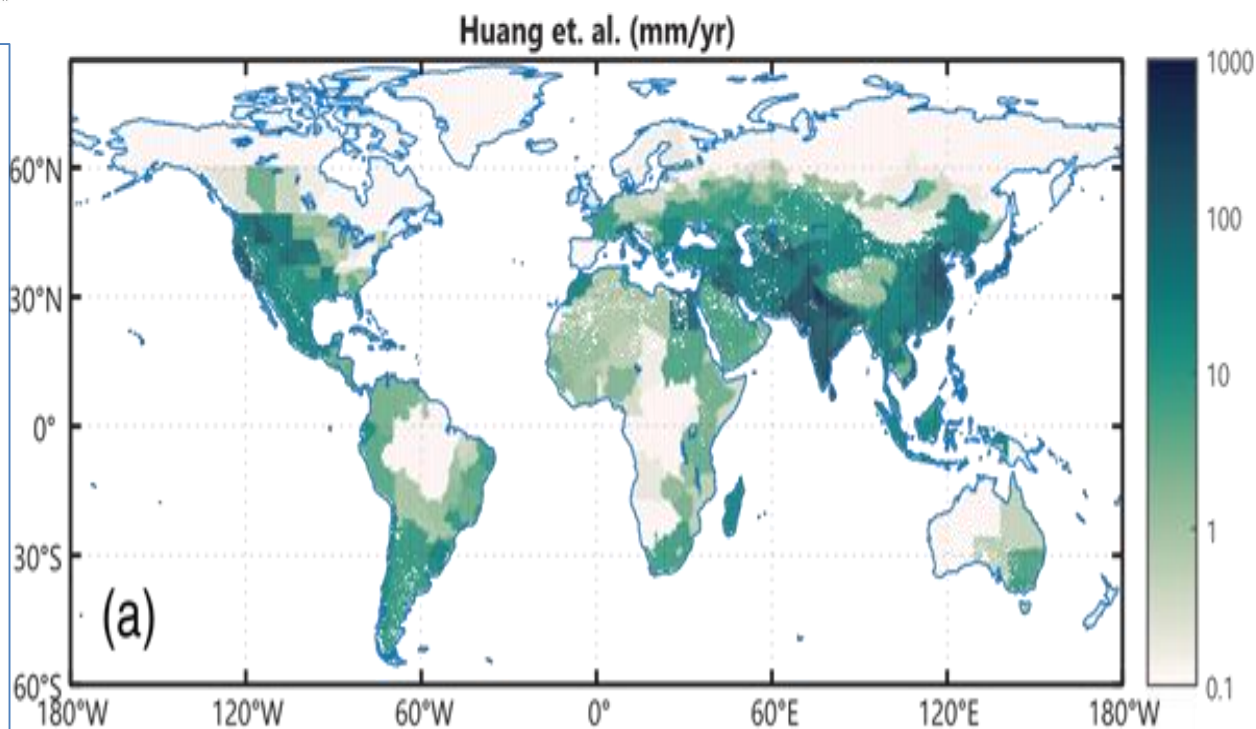


**Характеристики орошаемых сельскохозяйственных земель на мировом уровне:**

**3. Объем водозабора для целей орошаемого земледелия составляет порядка 70% общего мирового;**

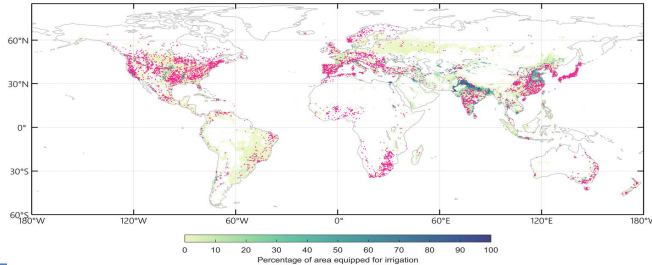
Shiklomanov, I. a. (1998). World water resources—A new appraisal and assessment for the 21st century. Report, 40. Wada, Y., Van Beek, L. P. H., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W. T. M., Vasak, S., & Bierkens, M. F. P. (2010). Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters*, **37**, L20402. <https://doi.org/10.1029/2010GL044571>

**Водохранилища и процент орошаемых сельскохозяйственных земель**



Huang, Z., Hejazi, M., Li, X., Tang, Q., Vernon, C., Leng, G., et al. (2018). Reconstruction of global gridded monthly sectoral water withdrawals for 1971–2010 and analysis of their spatiotemporal patterns. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(4), 2117–2133. <https://doi.org/10.5194/hess-22-2117-2018>

# Irrigation Water Accounting (3)

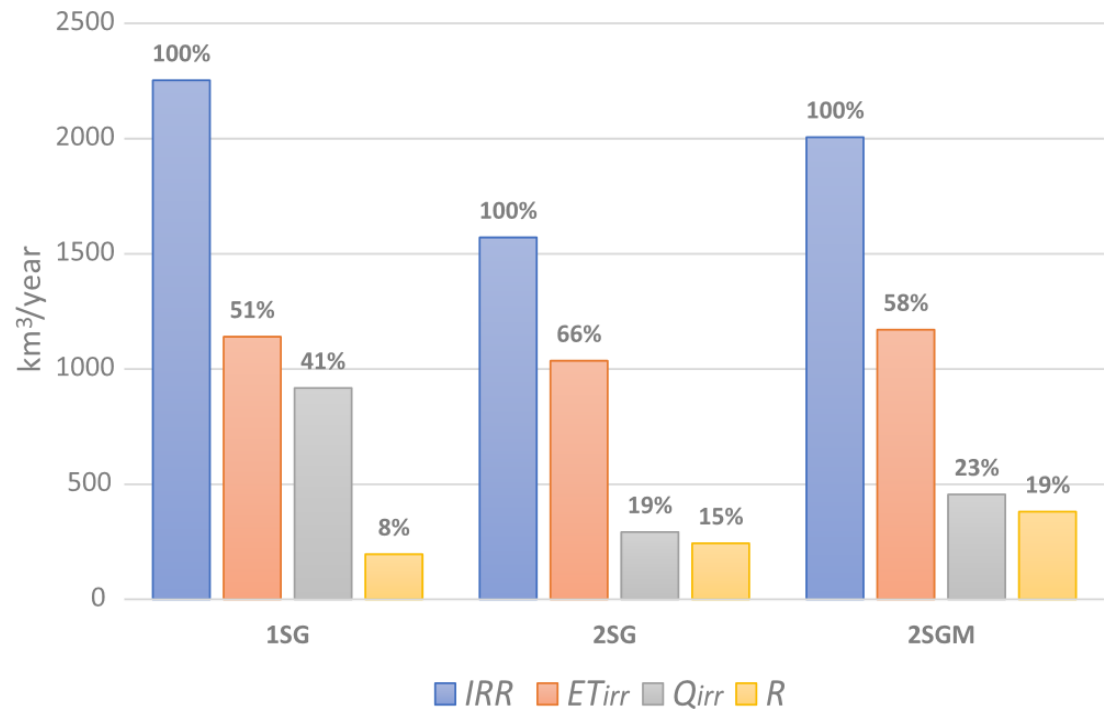


**Характеристики орошаемых сельскохозяйственных земель на мировом уровне:**

- 3. Медианное значение водозабора для целей орошения для орошение  $2\,549\text{ км}^3$ ;**
- 4. Суммарного испарения с орошаемых агрофитоценозов  $1\,170\text{ км}^3$  т.е.. порядка 40% от объема водозабора;**

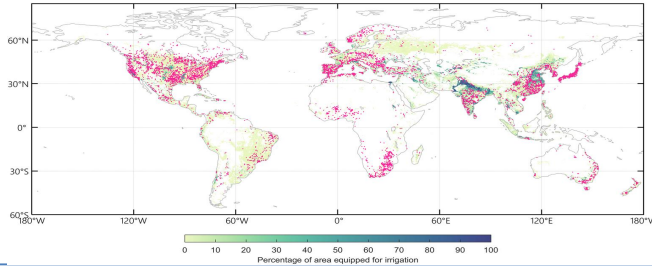
Zhou, T., Leung, L. R., Leng, G., Voisin, N., Li, H.-Y., Craig, A. P., Tesfa, T., and Mao, Y.: Global Irrigation Characteristics and Effects Simulated by Fully Coupled Land Surface, River, and Water Management Models in E3SM, J. Adv. Model. Earth Syst., 12, e2020MS002069, <https://doi.org/10.1029/2020MS002069>, 2020

**Водозабор, суммарное испарение, грунтовый и поверхностный сток**



Zhou, T., Leung, L. R., Leng, G., Voisin, N., Li, H.-Y., Craig, A. P., Tesfa, T., and Mao, Y.: Global Irrigation Characteristics and Effects Simulated by Fully Coupled Land Surface, River, and Water Management Models in E3SM, J. Adv. Model. Earth Syst., 12, e2020MS002069, <https://doi.org/10.1029/2020MS002069>, 2020

# Irrigation Water Accounting (4)

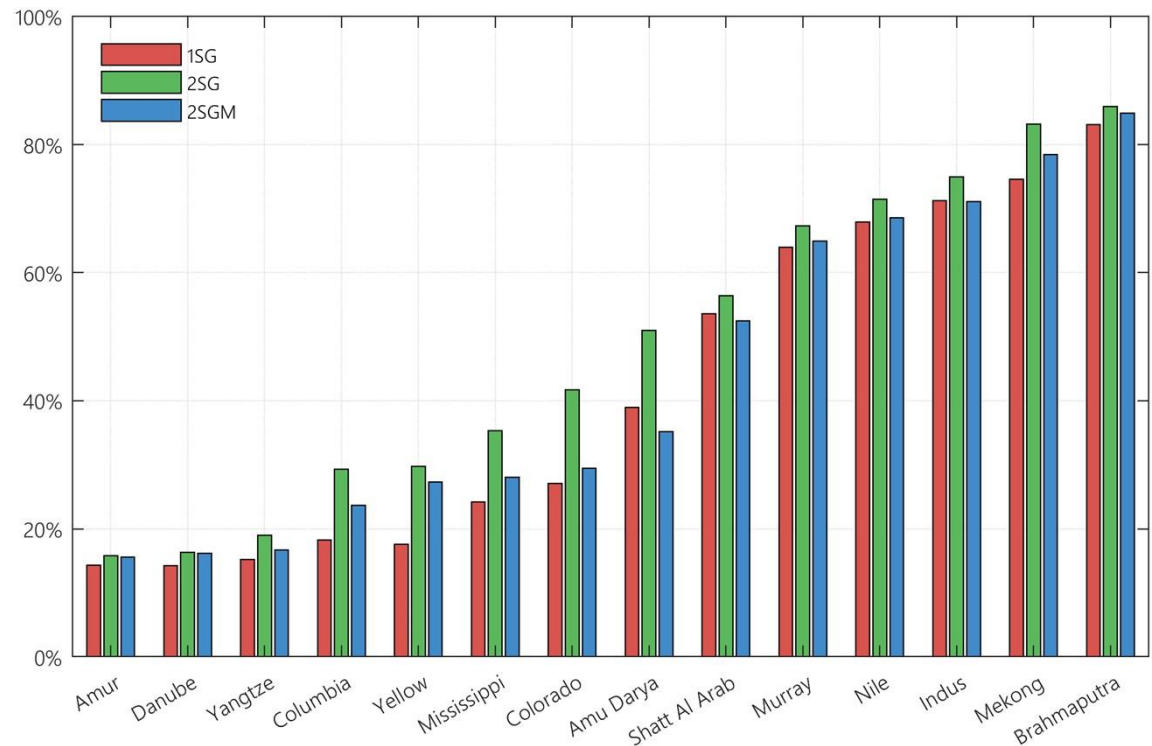


**Характеристики орошаемых сельскохозяйственных земель на мировом уровне:**

**5. Эффективность использования поливной воды лежит в пределах от 14% до 82%.**

Zhou, T., Leung, L. R., Leng, G., Voisin, N., Li, H.-Y., Craig, A. P., Tesfa, T., and Mao, Y.: Global Irrigation Characteristics and Effects Simulated by Fully Coupled Land Surface, River, and Water Management Models in E3SM, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 12, e2020MS002069, <https://doi.org/10.1029/2020MS002069>, 2020

## Эффективность использования поливной воды на орошаемых землях

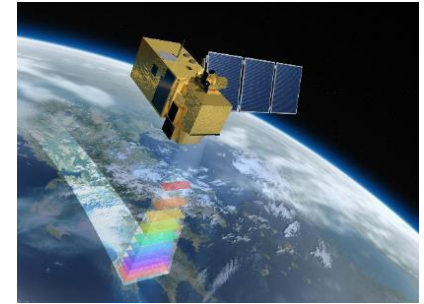
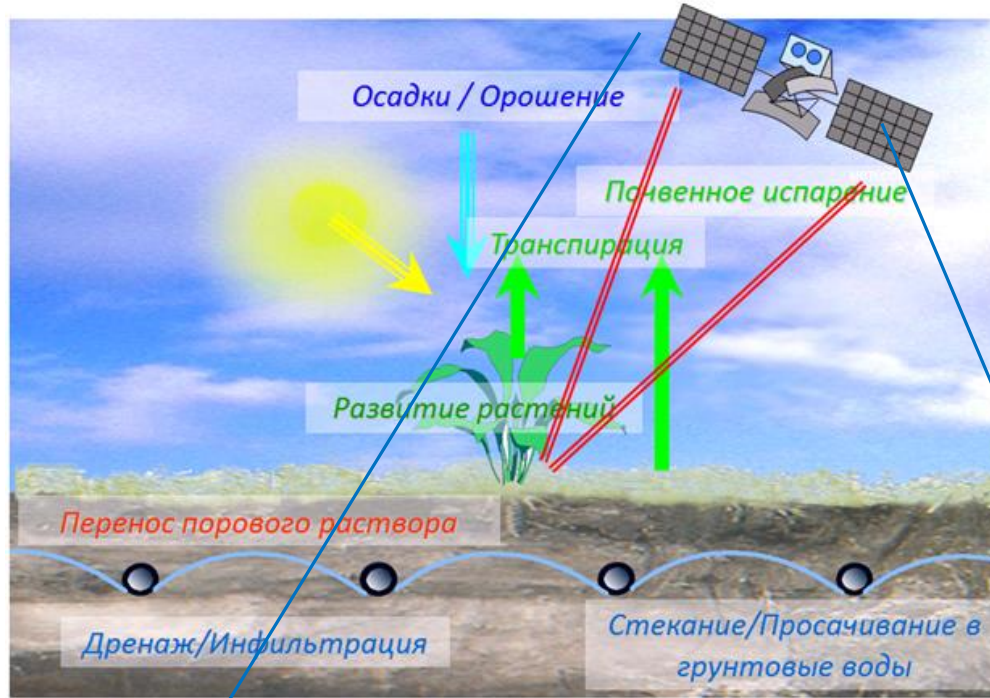


Zhou, T., Leung, L. R., Leng, G., Voisin, N., Li, H.-Y., Craig, A. P., Tesfa, T., and Mao, Y.: Global Irrigation Characteristics and Effects Simulated by Fully Coupled Land Surface, River, and Water Management Models in E3SM, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 12, e2020MS002069, <https://doi.org/10.1029/2020MS002069>, 2020

# ЦЕЛИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

- 1) Повышение урожайности посевов орошаемых сельскохозяйственных культур
- 2) Снижение непроизводительных потерь поливной воды
- 3) Минимизация негативного воздействия орошения на окружающую среду
- 4) Готовность к неблагоприятным изменениям климата

# АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ



**Эффективность использования  
поливной воды**

**Водоэффективность  
орошения**

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



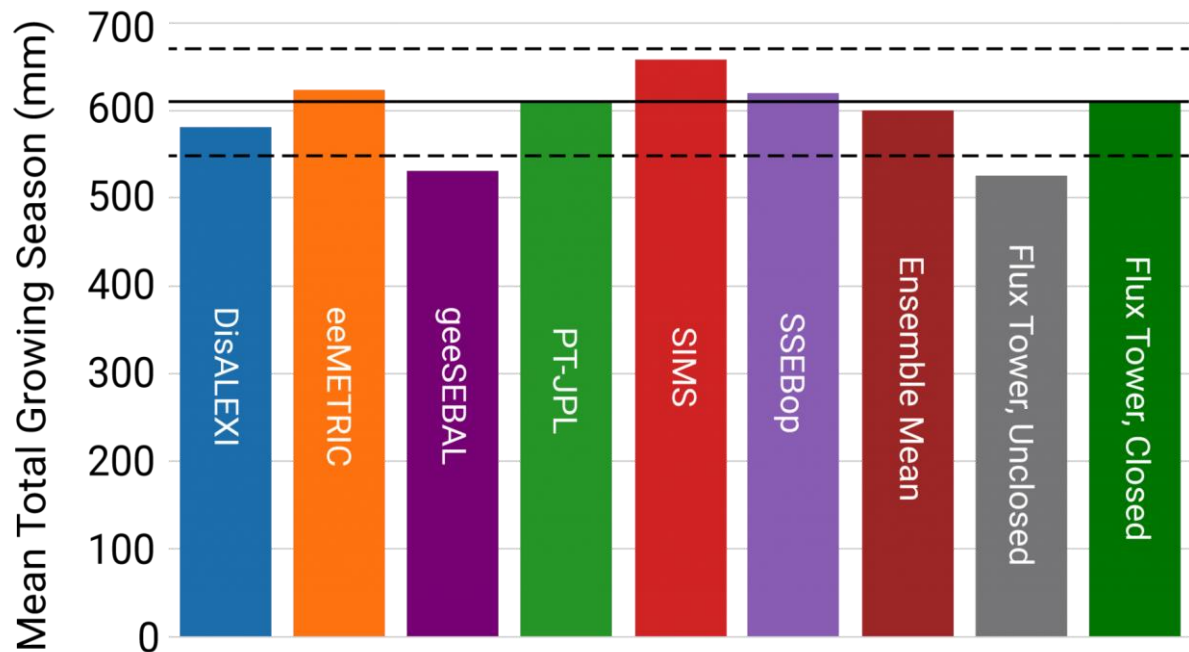
$$Ис_{ор} = \frac{\text{Транспирация}}{\text{Оросительная норма}}$$

# Сопоставление измерений/расчетов потоков ET

База данных OpenET

включает данные:

1. На уровне водного года – 14-ть экспериментальных полей с полным 12-ти месячным водным годом;
2. На уровне вегетационного периода – 38-мь экспериментальных полей с 151-м полным вегетационным периодом;
3. На уровне месяца - 45-ть экспериментальных полей с 1682 полными месяцами

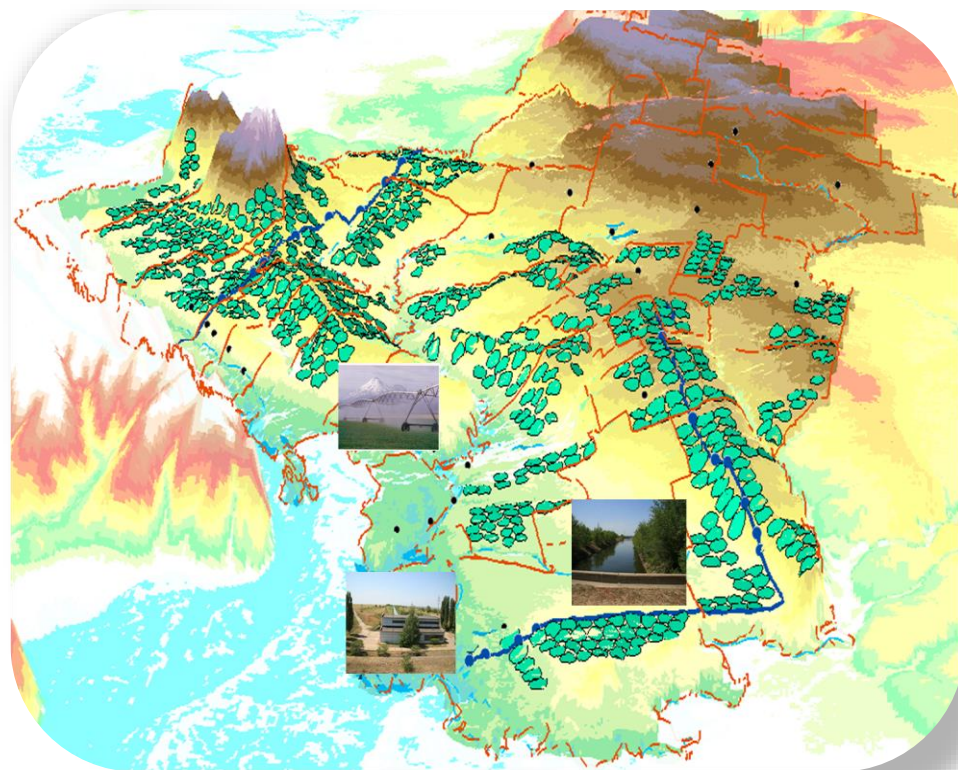


<https://openetdata.org/accuracy/>

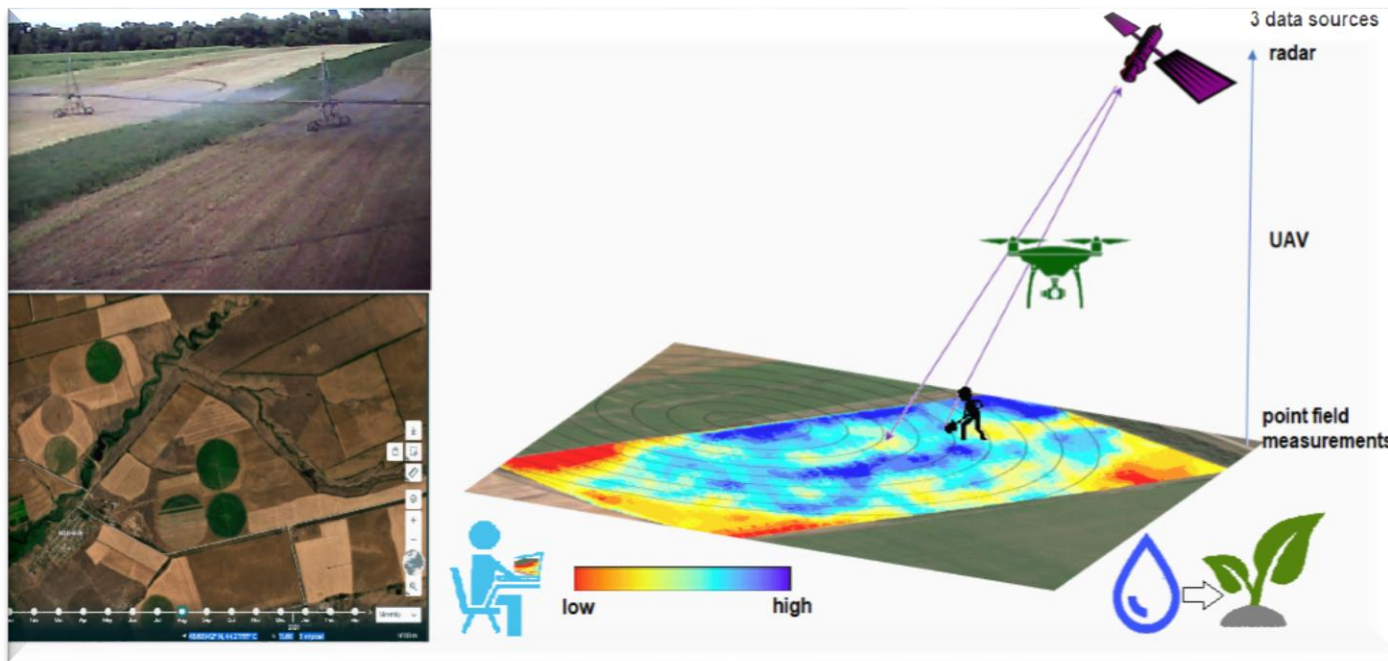


# Объект исследований

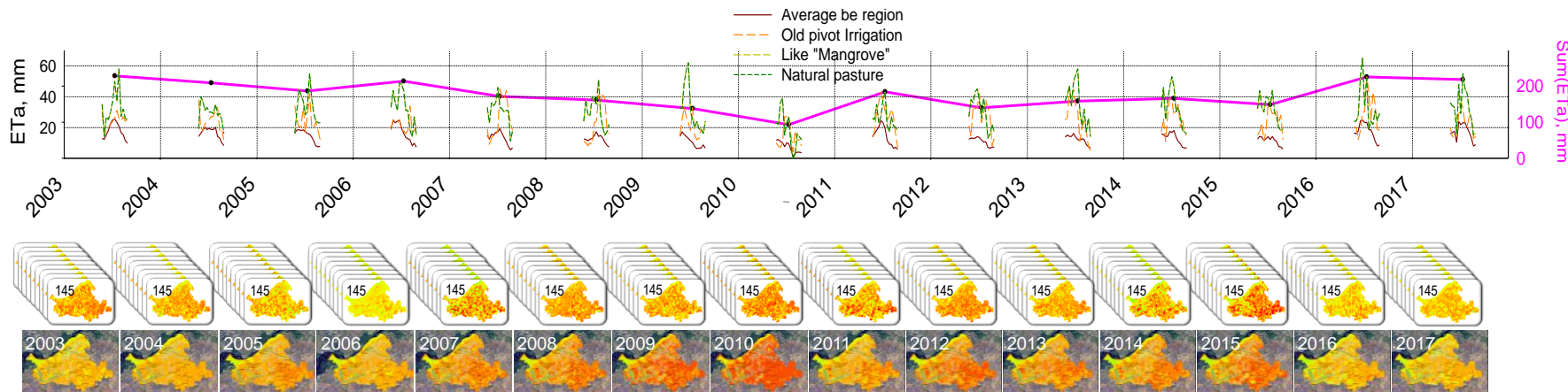
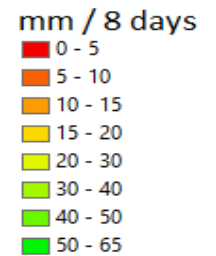
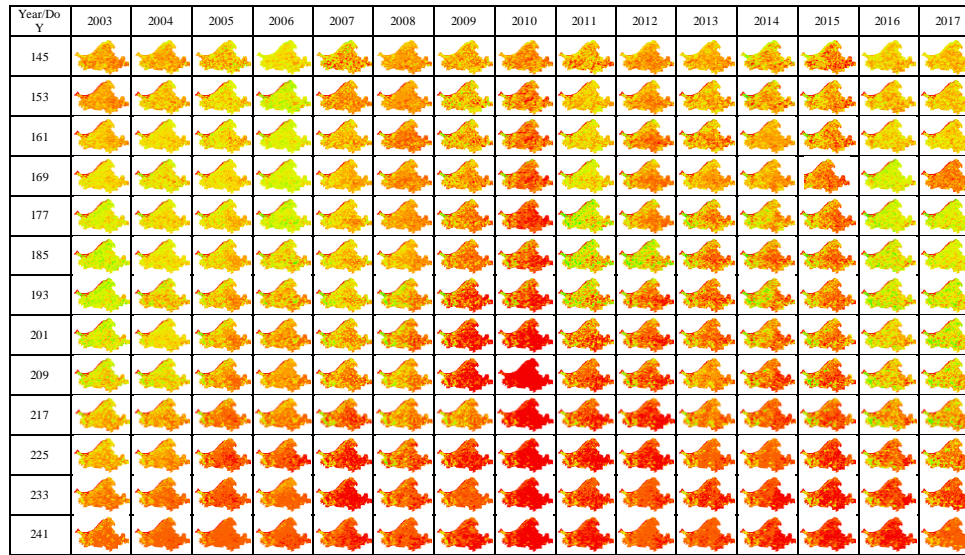
- Марковский район Саратовской области с площадью 2 908 км<sup>2</sup> расположен на левом берегу среднего течения р. Волги.
- Территория района относится к западной провинции среднеазиатской пустынной зоны
- По классификации ФАО - территория высокого риска деградации земель.



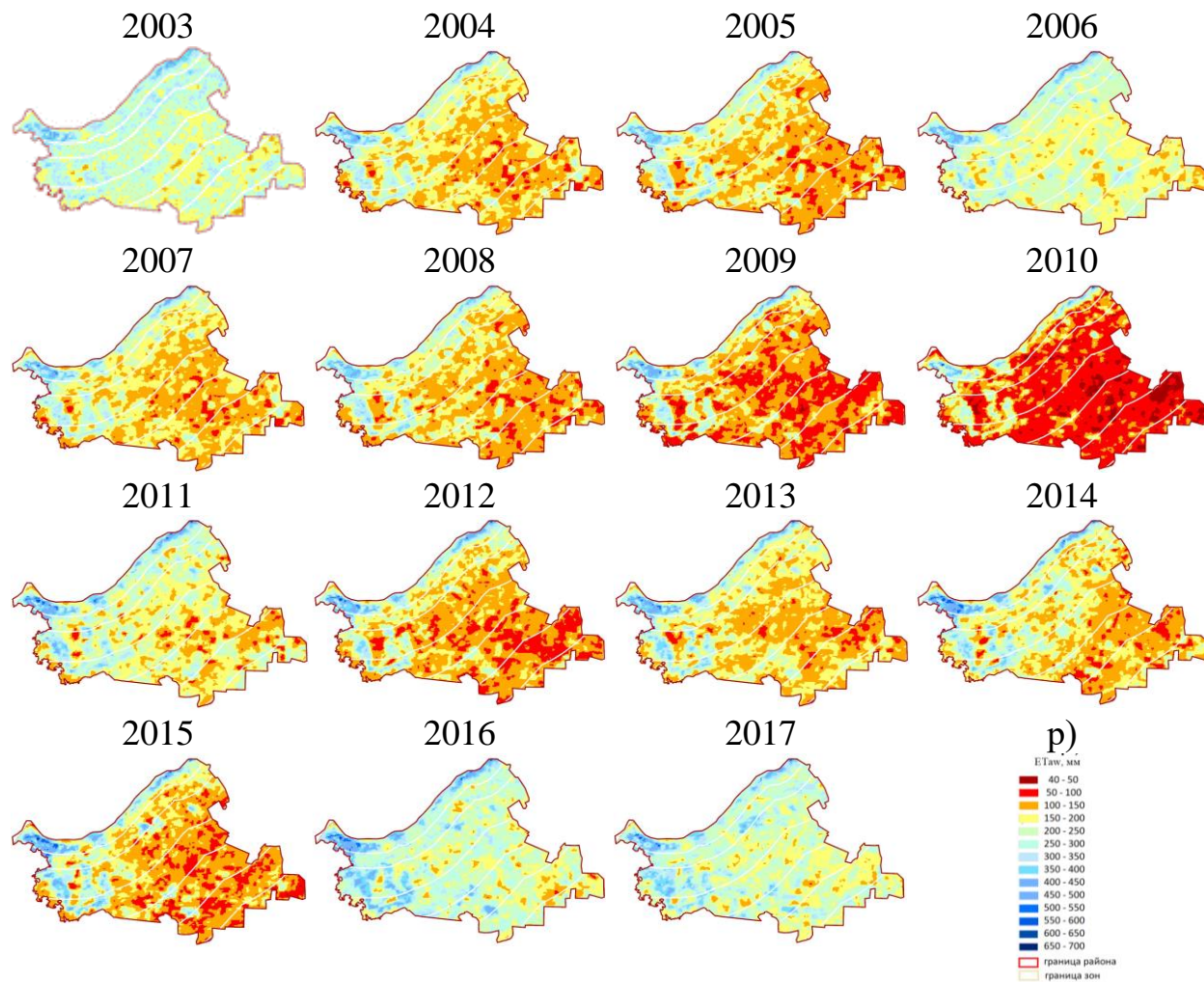
# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ



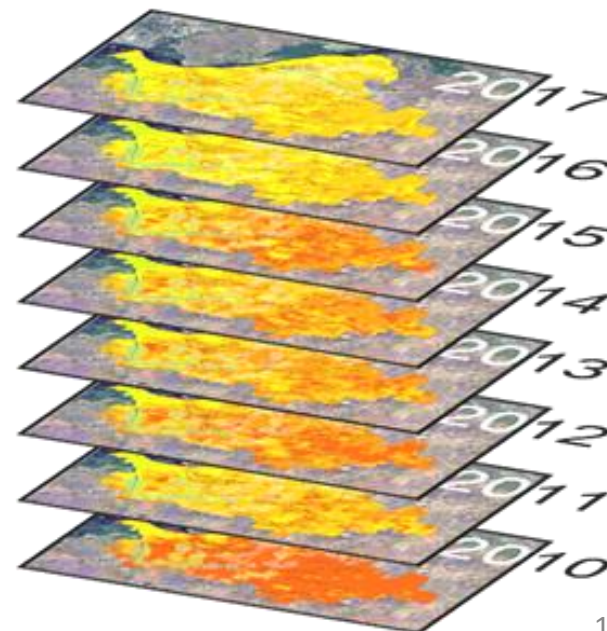
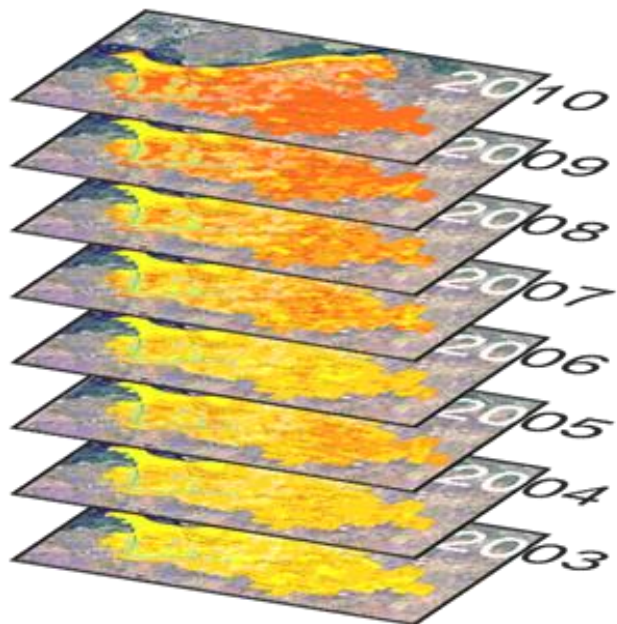
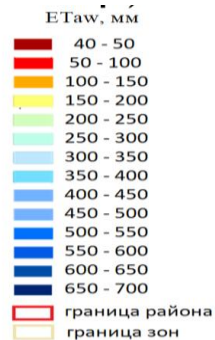
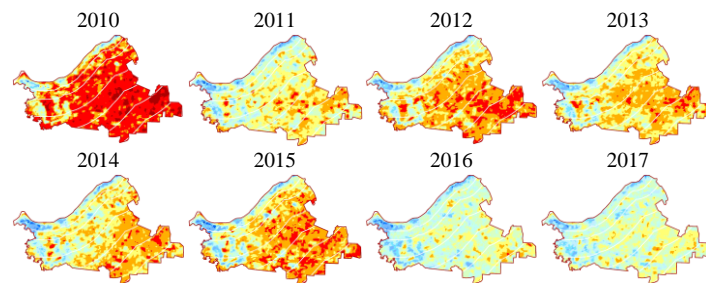
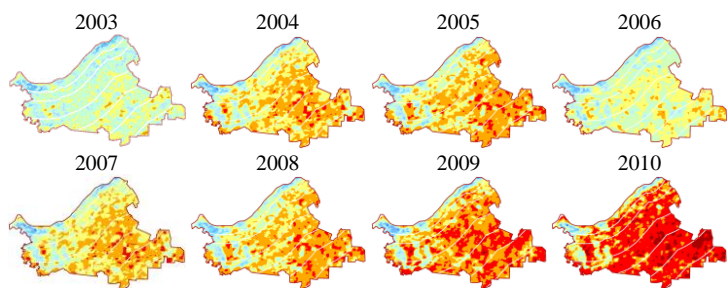
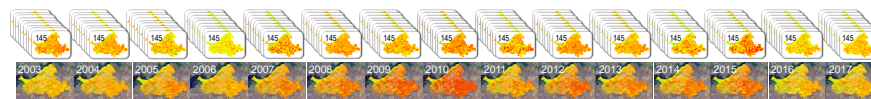
# Обработка данных MOD16ET



# Слои потоков ET за оросительный периоды 2003-2017г.

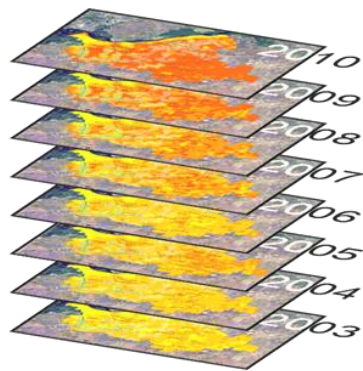


# Пространственно-временной кубы данных ЕТа

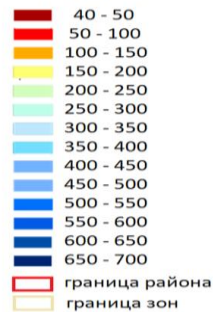


# Оценка трендов по методу Манн-Кендалла

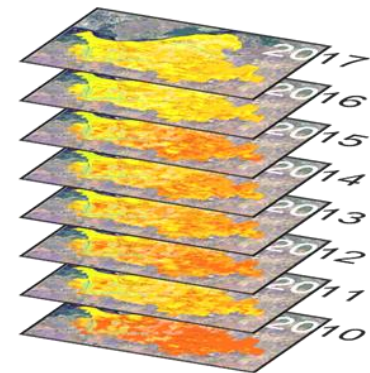
2003—2010



ETaw, мм



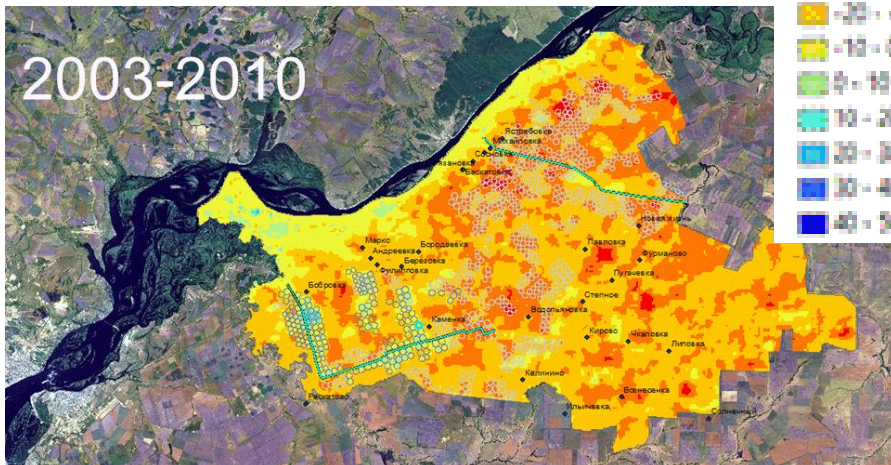
2010-2017



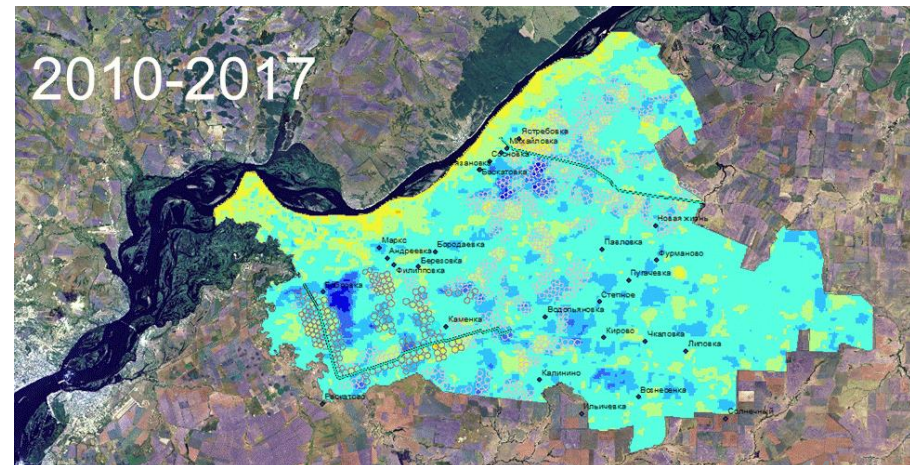
Тренд ETaw, мм/год



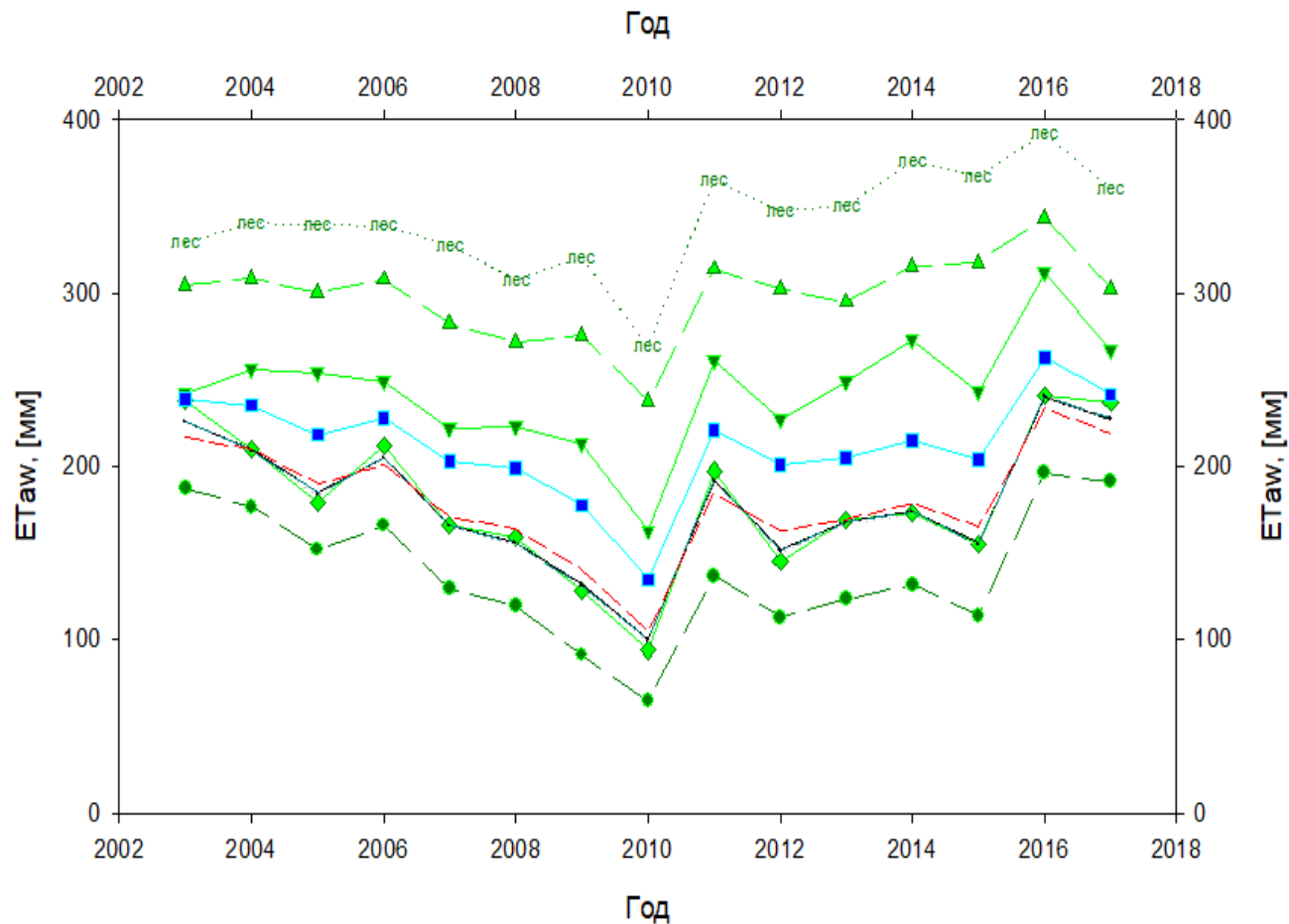
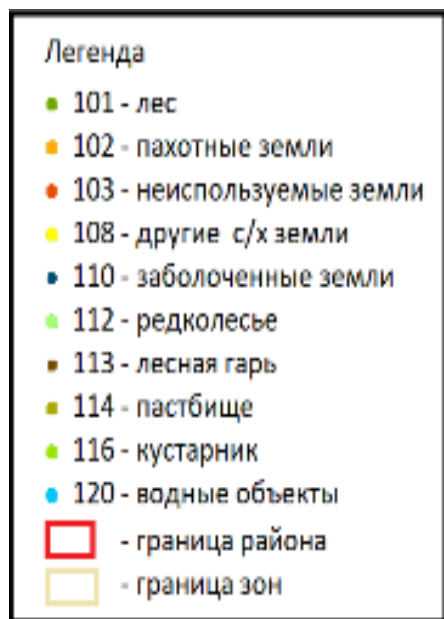
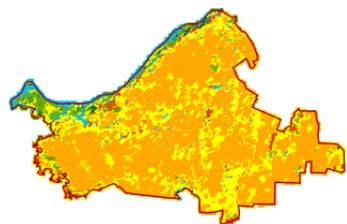
2003-2010



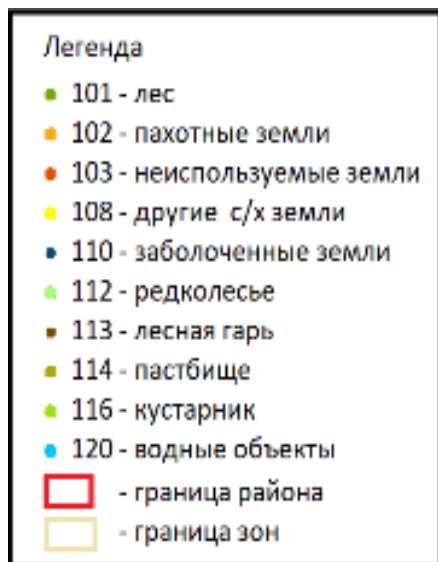
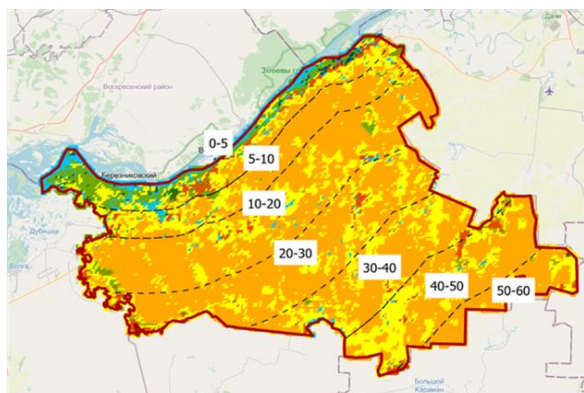
2010-2017



# Оценка региональных потоков ЕТ с территорий разных типов землепользования

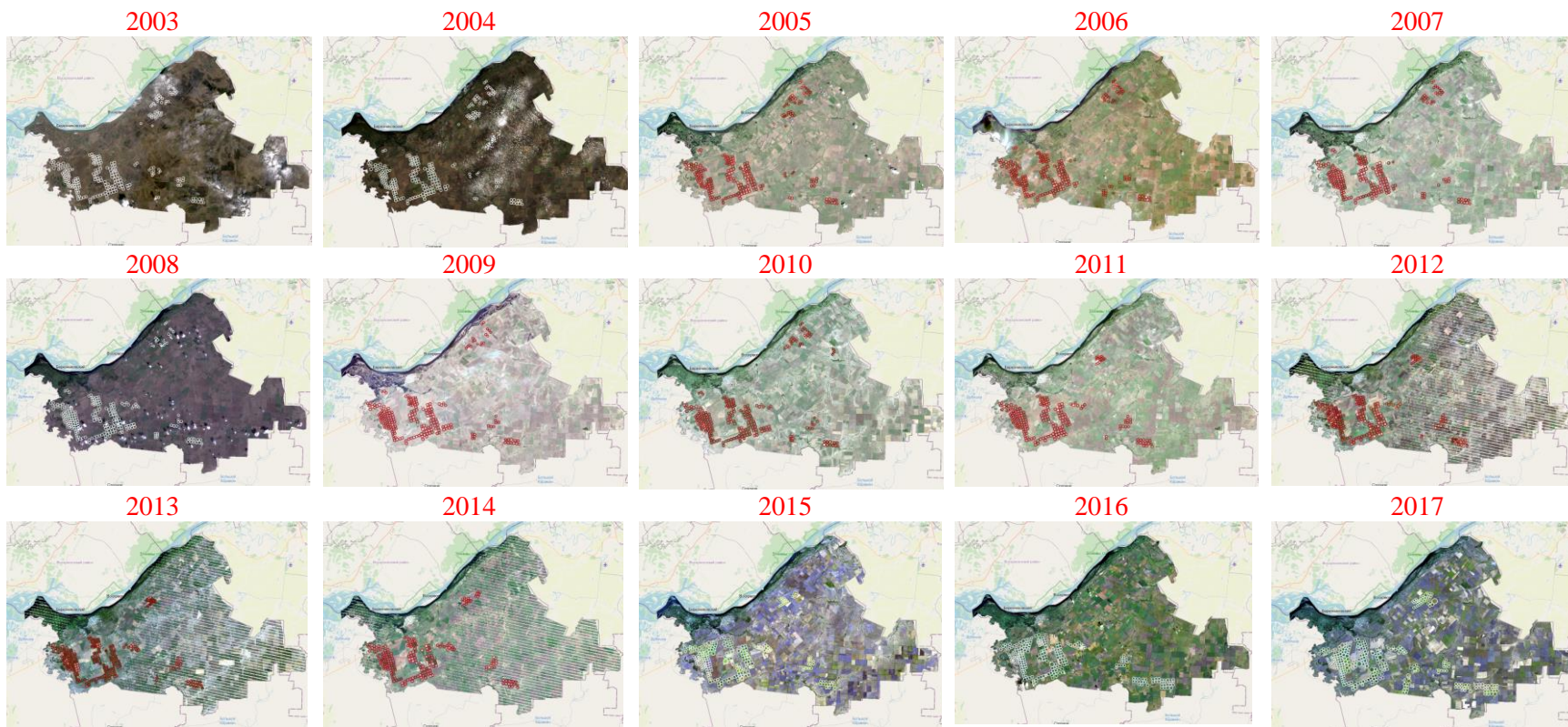


# Оценка регионально-зонированных потоков ET с территорий, занятых пахотными землями

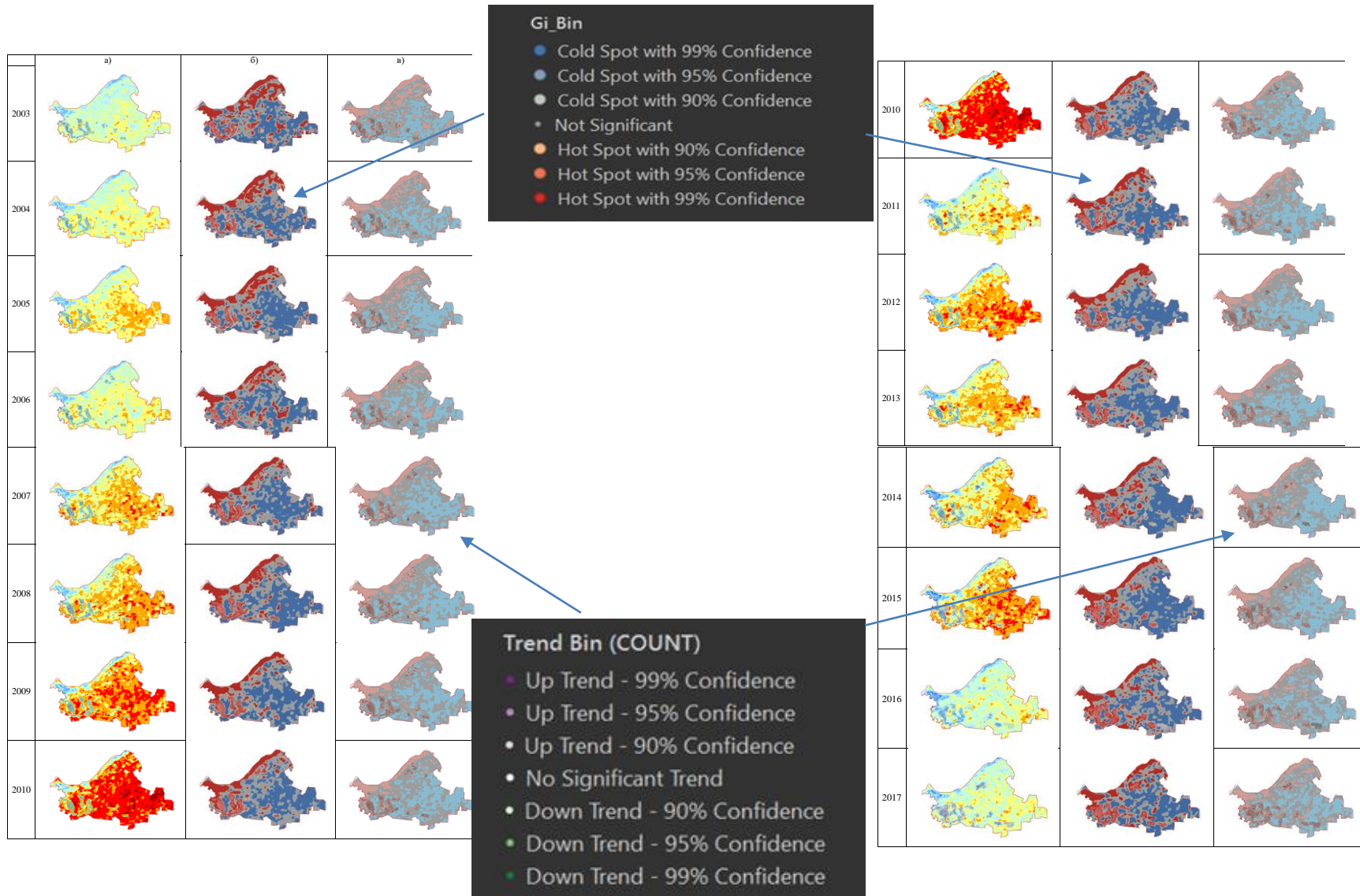




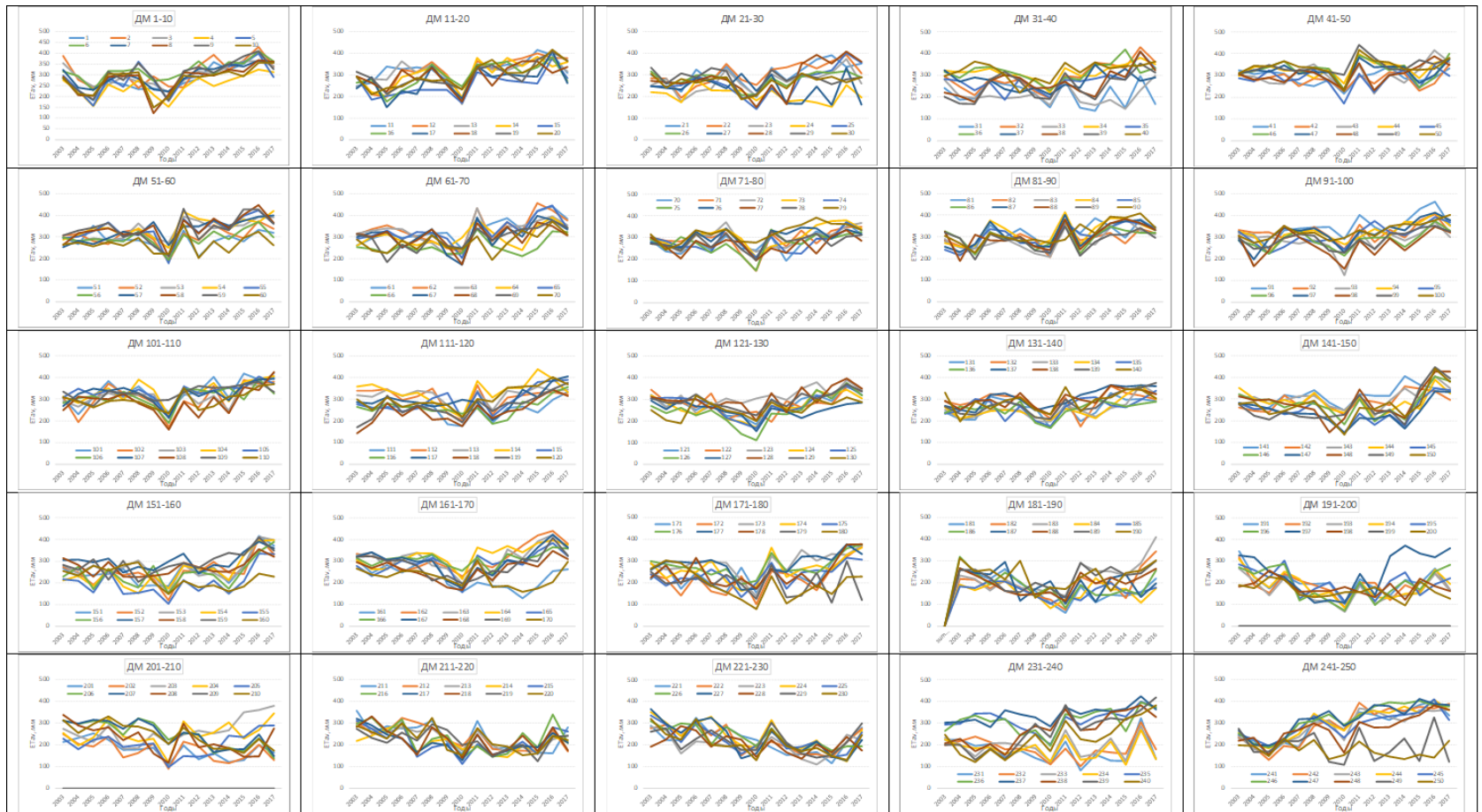
# Визуально идентифицированные контуры дождевальных машин (ДМ) кругового действия



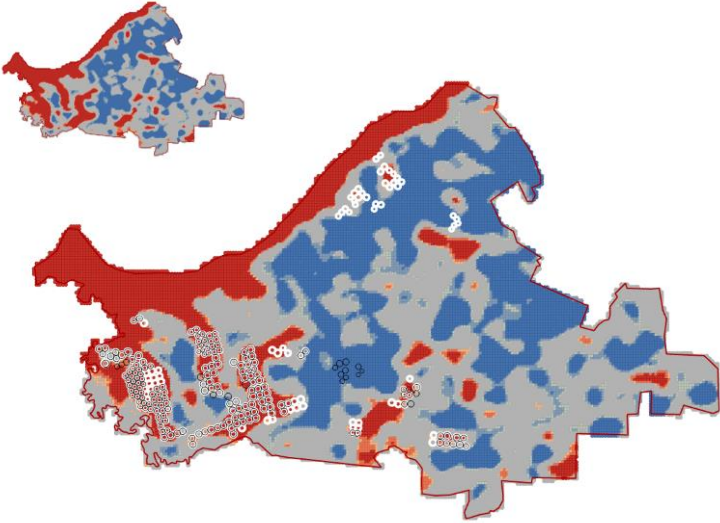
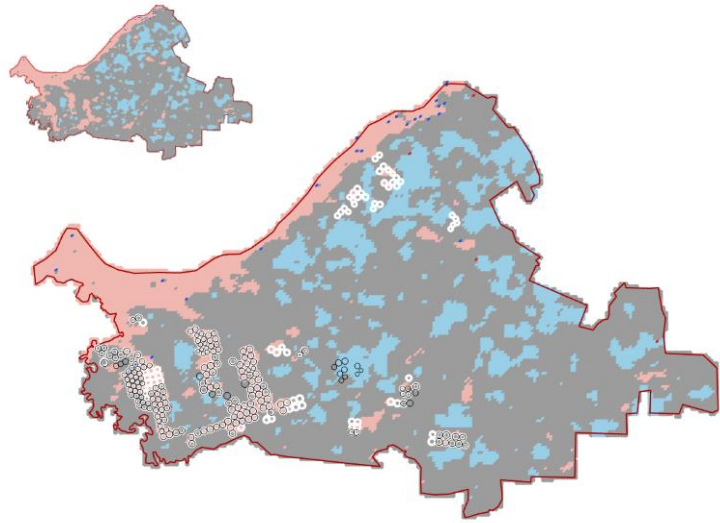
# Распределения кластеров ETa<sub>i</sub> по методам Gi Bin и Getis-Ord Gi



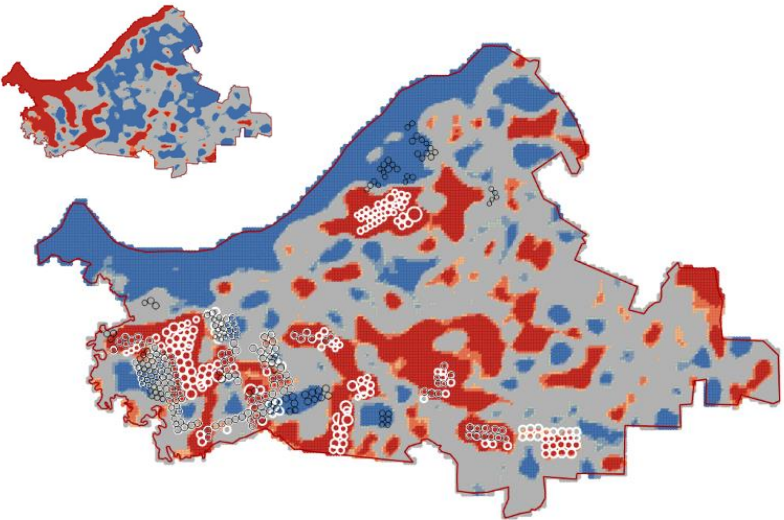
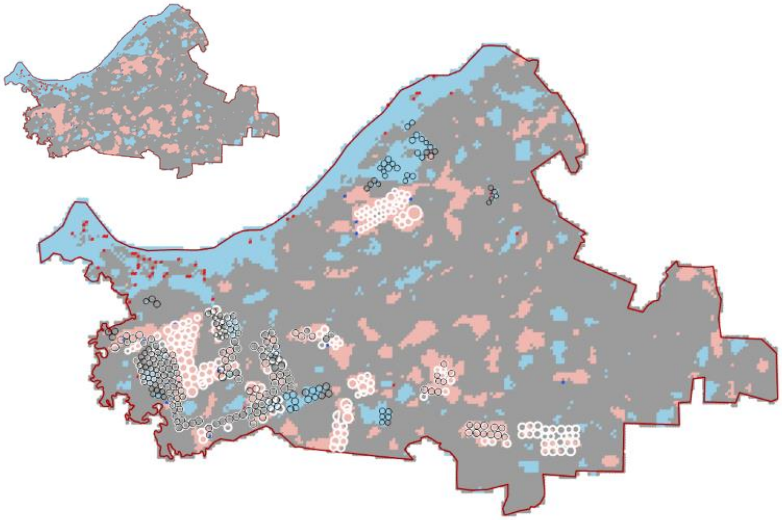
# Профили потоков ЕТаі визуально идентифицированных контуров ДМ кругового действия



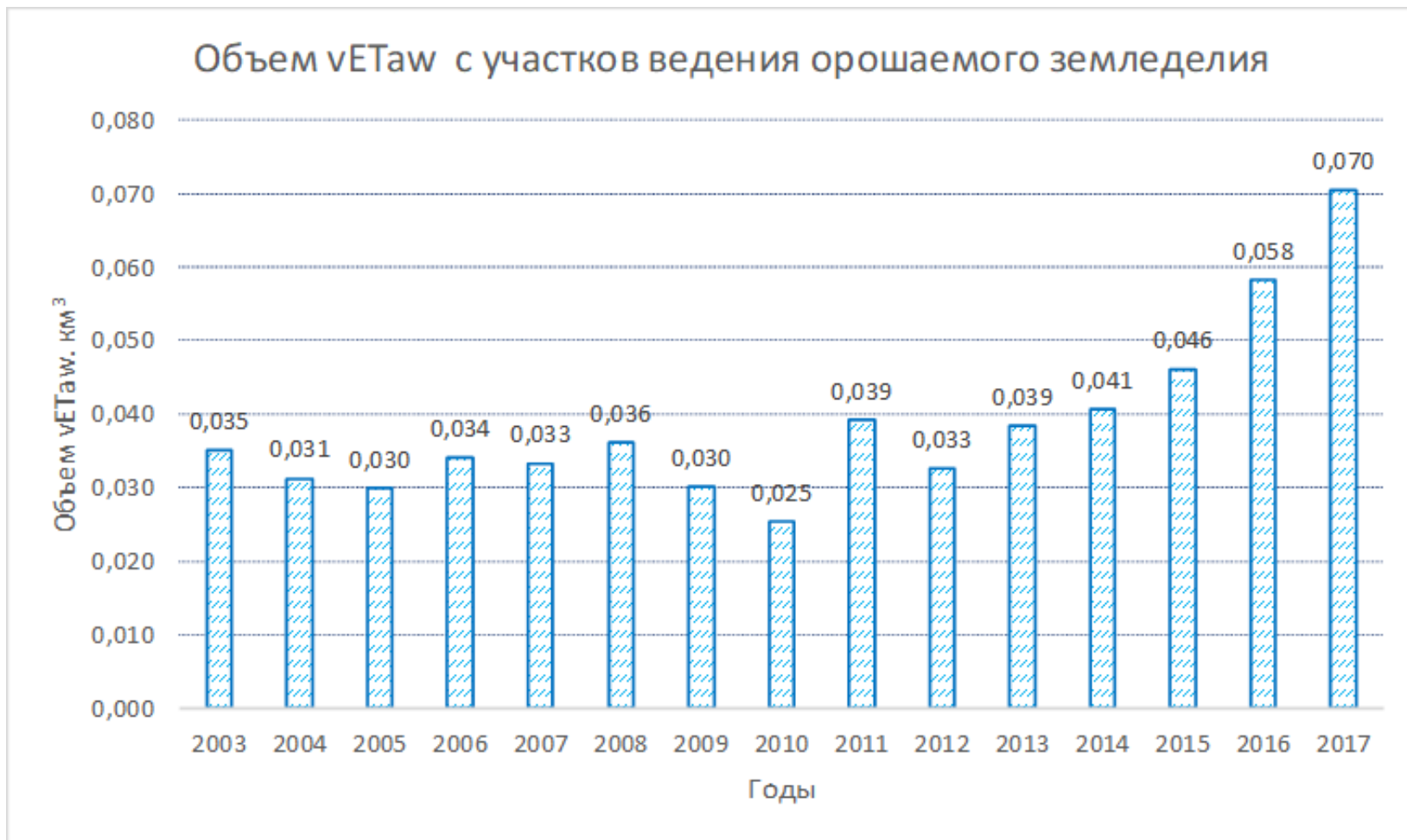
# Результаты кластерных анализов (1)

	Optimized Hot Spot Analyses	Clusters Outliers
2003-2010		
	<p>Удовлетворительное окуртуривание границами контуров (бежевых) кластеров НН мест, имеющих высокие (в основном положительных) значения трендов <math>E\Delta_{it}</math>, с внешними границами мест расположения кустов ДМ, сформированных на конец полупериода (2010)</p>	<p>Хорошее окуртуривание границами контуров (бежевых) кластеров НН мест, имеющих высокие (в основном положительных) значения трендов <math>E\Delta_{it}</math>, с внешними границами мест расположения кустов ДМ, сформированных на конец полупериода (2010)</p> <p>Хорошо отбиваются кластерами Not significant и LL контура ДМ где ДМ, функционировавшие в начале полупериода, к его концу перестали функционировать</p>

# Результаты кластерных анализов (2)

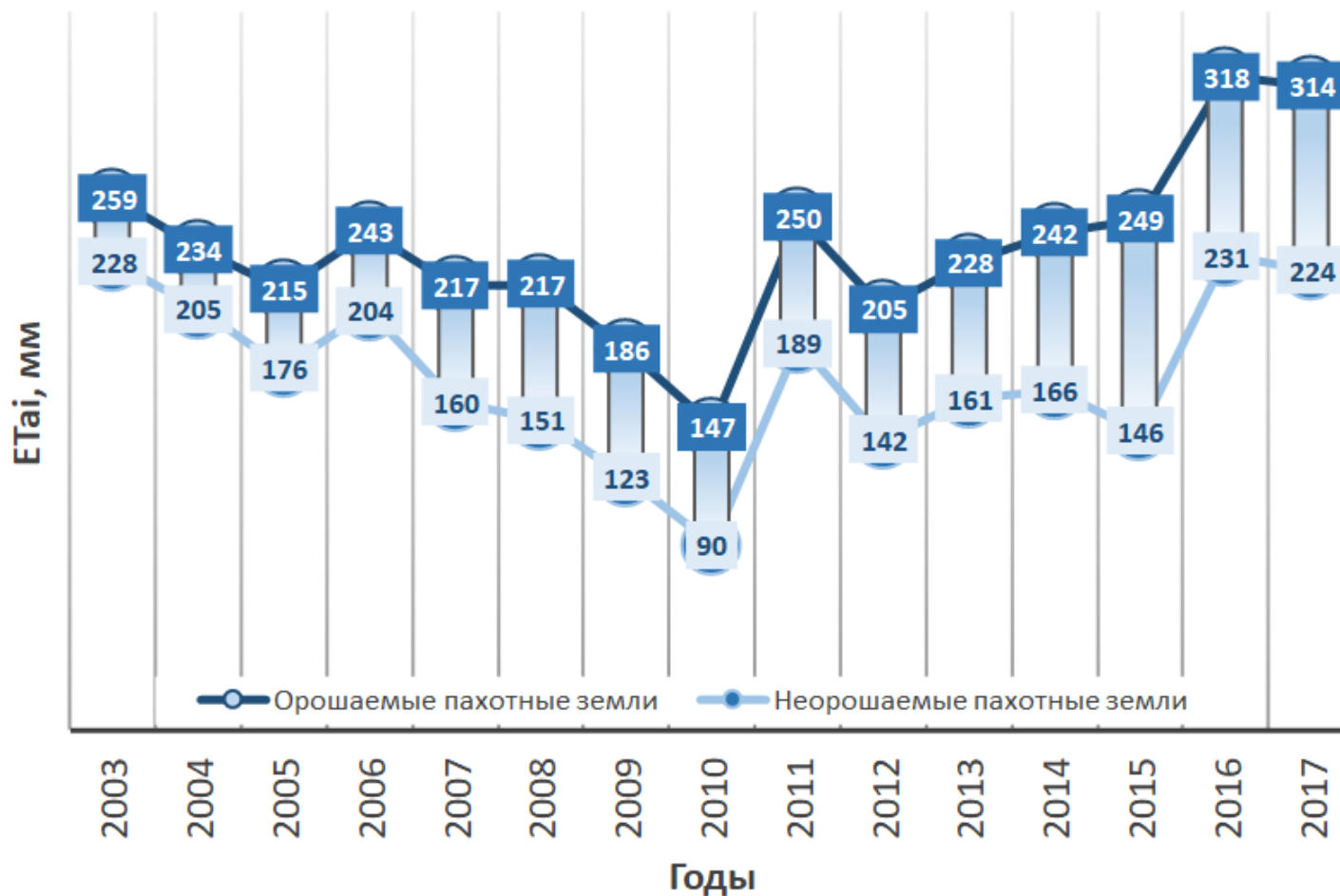
2010-2017		
	<p>На ПОС в середине, а также на КОС четко прослеживаются контур новых ДМ с существенно более высокими значениями трендов Eta1 в сравнении с аналогичными трендами ранее существовавших рядом расположенных ДМ, которые соответствуют кластерам Hot Spot with 99% confidence.</p> <p>Ряд ДМ не функционировавших к концу периода отображены кластерами Cold Spot with 99% confidence.</p>	<p>На ПОС в середине, а также на КОС четко прослеживаются контур новых ДМ с существенно более высокими значениями трендов Eta1 в сравнении с аналогичными трендами ранее существовавших рядом расположенных ДМ, которые соответствуют кластерам НН,</p> <p>Ряд ДМ не функционировавших к концу периода отображены кластерами LL.</p>

# Региональные объемы ET<sub>a</sub> орошаемых агрофитоценозов



# Региональные потоки ET<sub>a</sub>i орошаемых и неорошаемых агрофитоценозов

ET<sub>a</sub>i орошаемых и богарных земель



# Выводы

1. Кластерный анализ EТaі позволяют автоматически идентифицировать зоны с ДМ кругового действия (слайды 18 и 19)
2. Кластерный анализ позволяет выделять зоны ДМ с 16-ю типами профилей (слайды 20 и 21)
3. Результаты кластерного анализа показали, что с 2014 г. – года - года начала ФЦП по мелиорации, включающая субсидирование приобретения ДМ:
  - i. стал увеличиваться объем EТaі за оросительный период с контуров ДМ кругового действия (слайд 22) т.е. стало вводится больше ДМ, чем их выводилось;
  - ii. стала увеличиваться разница за оросительный период между объемами EТaі контуров ДМ кругового действия и EТaі неорошаемых пахотных земель (слайд 23)



