



**中国科学院新疆生态与地理研究所**

XINJIANG INSTITUTE OF ECOLOGY AND GEOGRAPHY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

The views expressed in this presentation are the views of the author and do not necessarily reflect the views or policies of the Asian Development Bank Institute (ADBI), the Asian Development Bank (ADB), its Board of Directors, or the governments they represent. ADBI does not guarantee the accuracy of the data included in this paper and accepts no responsibility for any consequences of their use. Terminology used may not necessarily be consistent with ADB official terms.

June 19, 2020

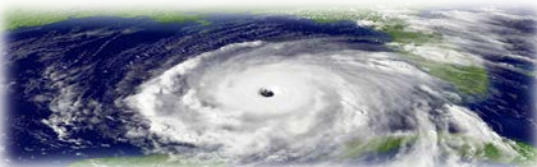
# **Изменение климата и деятельность человека усугубляют дефицит водных ресурсов в бассейне Аральского моря, Центральная Азия**

**Вейли Дуань**

**Государственная главная лаборатория экологии пустынь и оазисов**

**Синьцзянский институт экологии и географии**

**Академия наук Китая**



# Тематическое содержание

---

**1**

**Предыстория**

**2**

**Проблема**

**3**

**Наборы данных и методы**

**4**

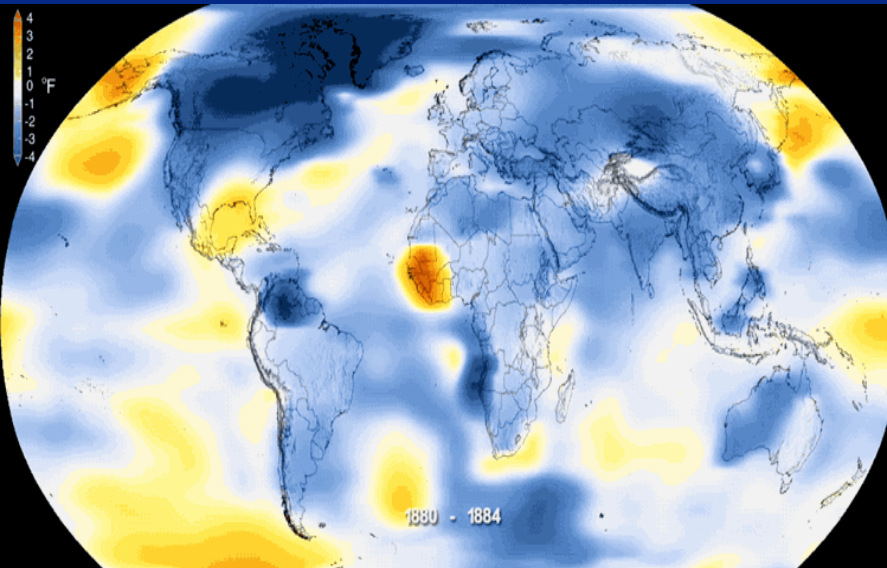
**Результаты и дискуссия**

**5**

**Выводы**

# Глобальное потепление

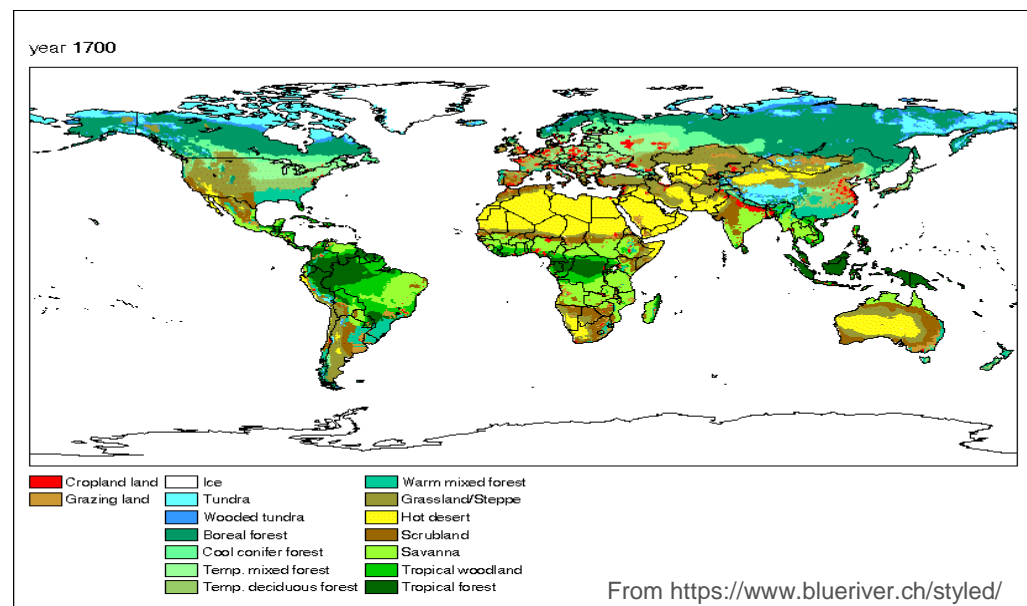
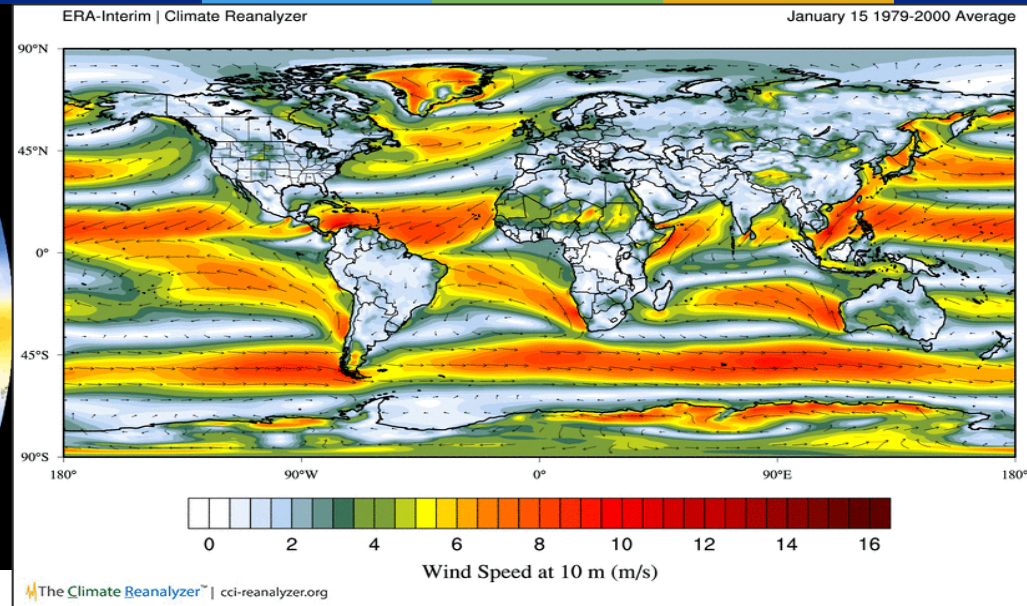
# Предыстория



From NASA's Scientific Visualization Studio/Kathryn Mersmann  
<https://www.nbcnews.com/mach/science/2018-was-fourth-hottest-year-record-nasa-says-ncna967306>

(1) **Глобальные изменения окружающей среды** включают изменение климата, изменение земельного покрова, рост населения и т. д. (Stern et al., 1992; Obrist et al., 2018). **Глобальное потепление** стало неоспоримым фактом (IPCC, 2007).

(2) **Изменение земельного покрова**



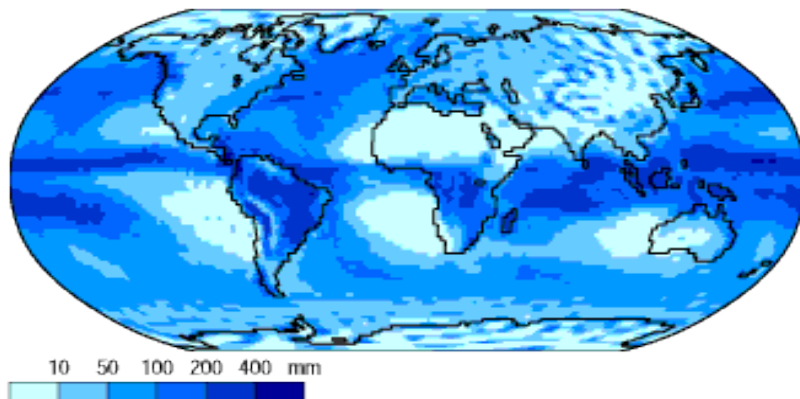
From <https://www.blueriver.ch/styled/>

# Предыстория

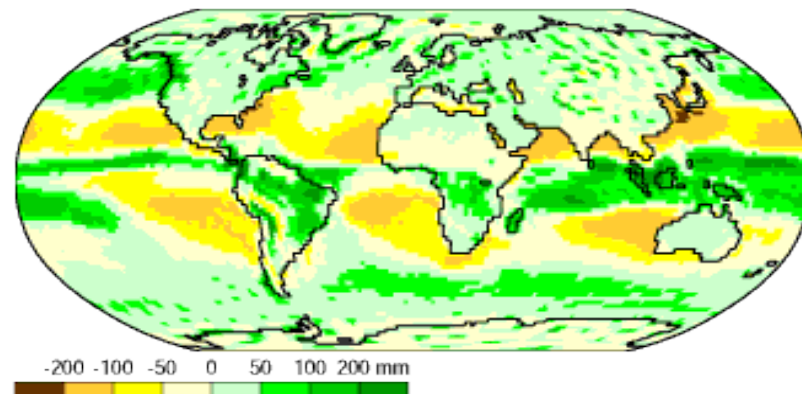
## Водный цикл

**(3) Глобальные изменения окружающей среды** оказывают чрезвычайно глубокое влияние на гидрологический цикл и водные ресурсы.

Осадки

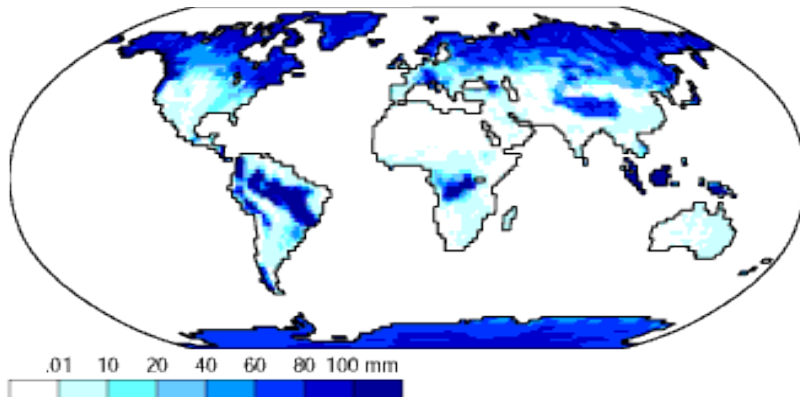


P-E

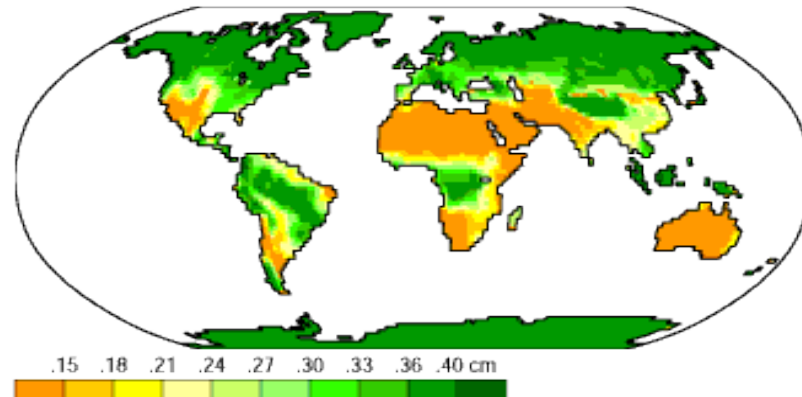


Декабрь

Сток/ профицит воды



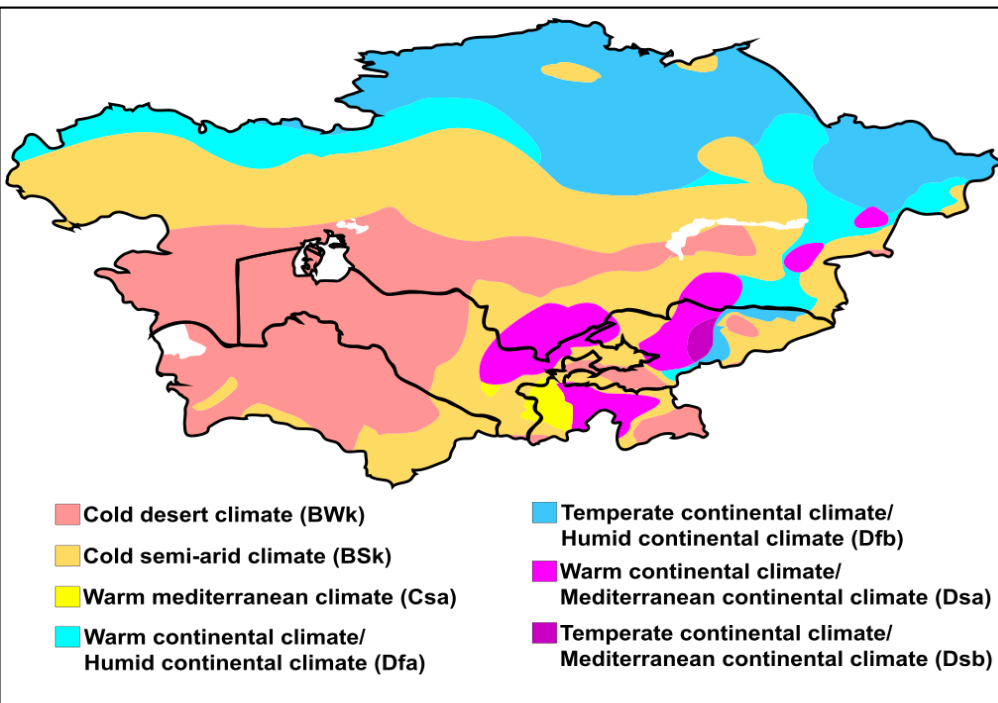
Почвенная влага





# В Центральной Азии

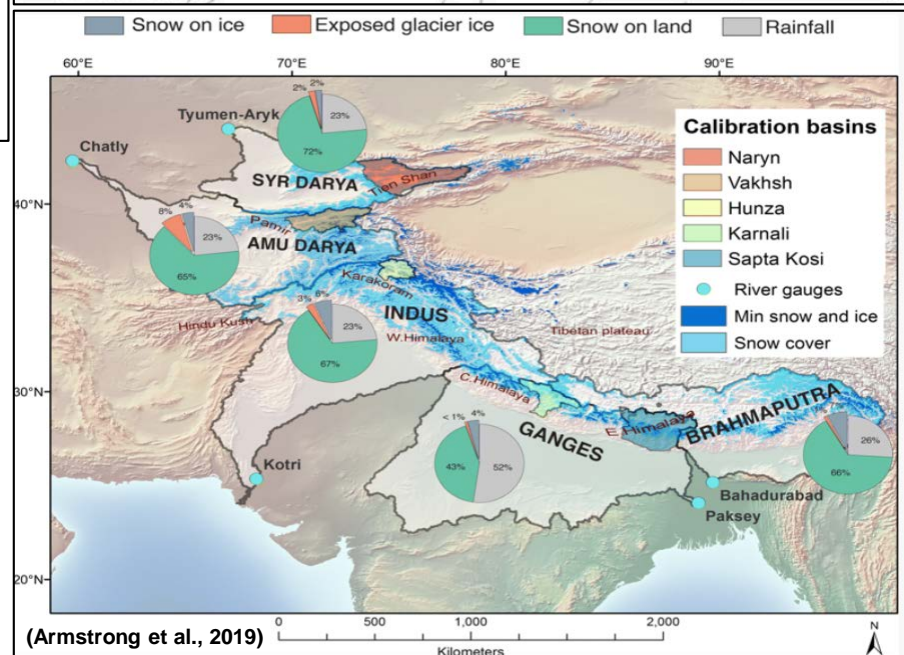
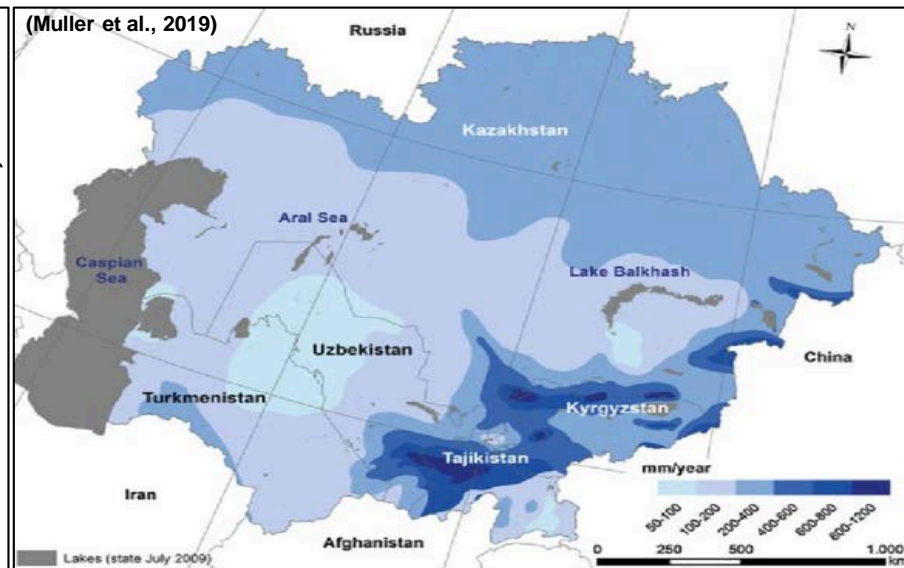
# Предыстория



Карта Центральной Азии по классификации климата Кеппен (из Википедии)

## ■ Свойства

- ① **Сухие** регионы;
- ② Чрезвычайно **неравномерное** пространственно-временное распределение;
- ③ **Лед и снег** тают, увеличивая речной сток;



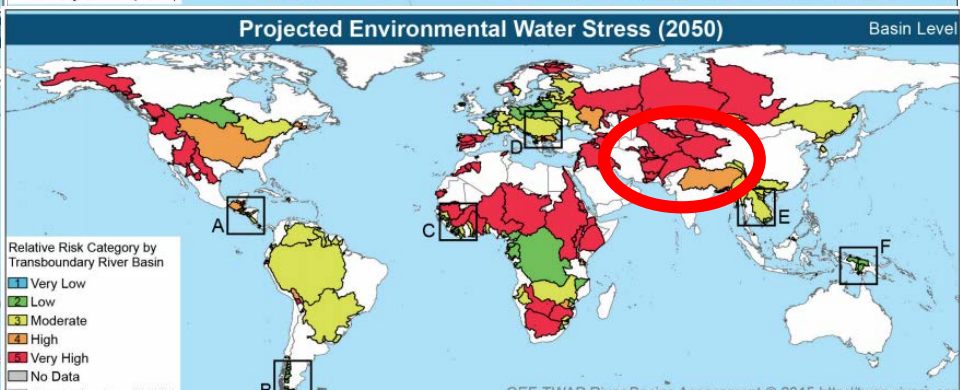
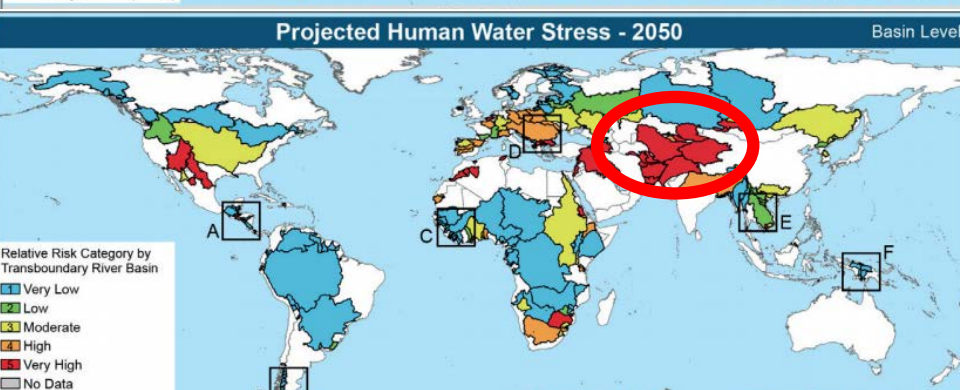
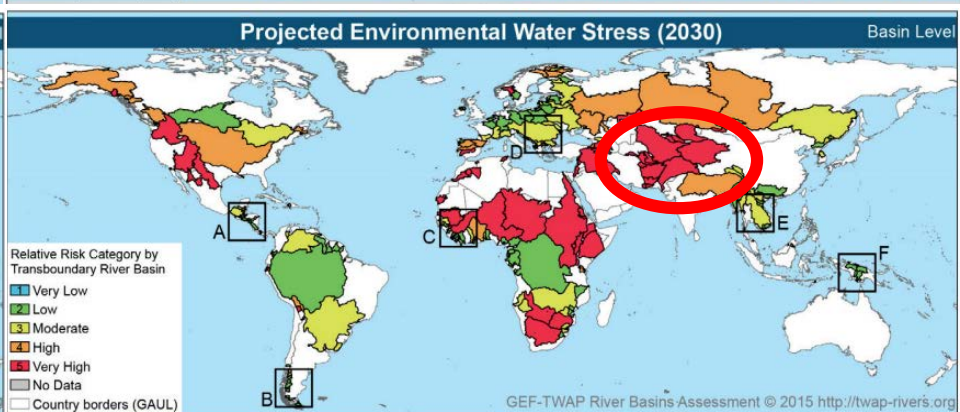
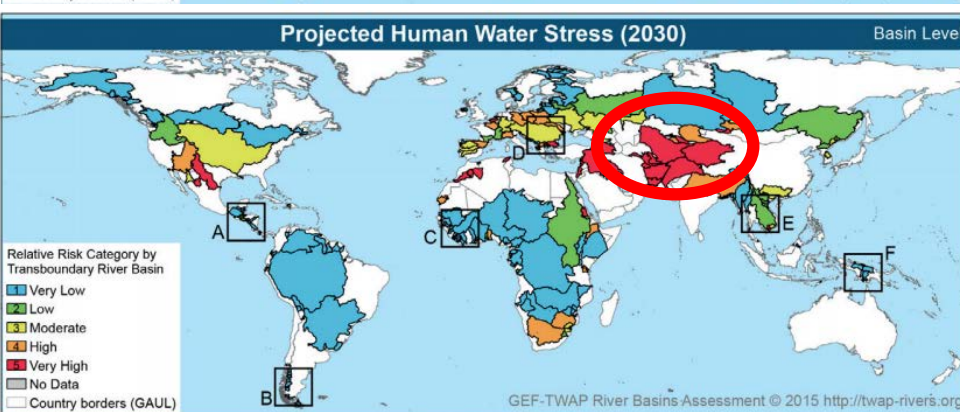
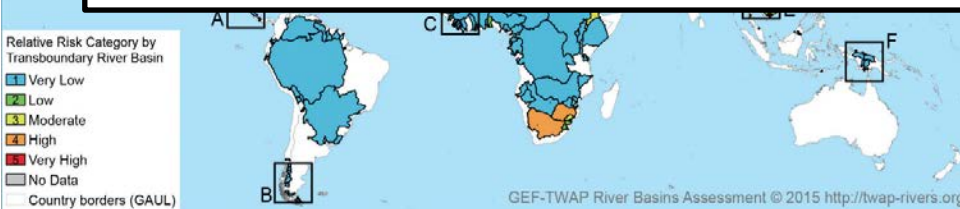
Human Water Stress

Basin Level

Environmental Water Stress

Basin Level

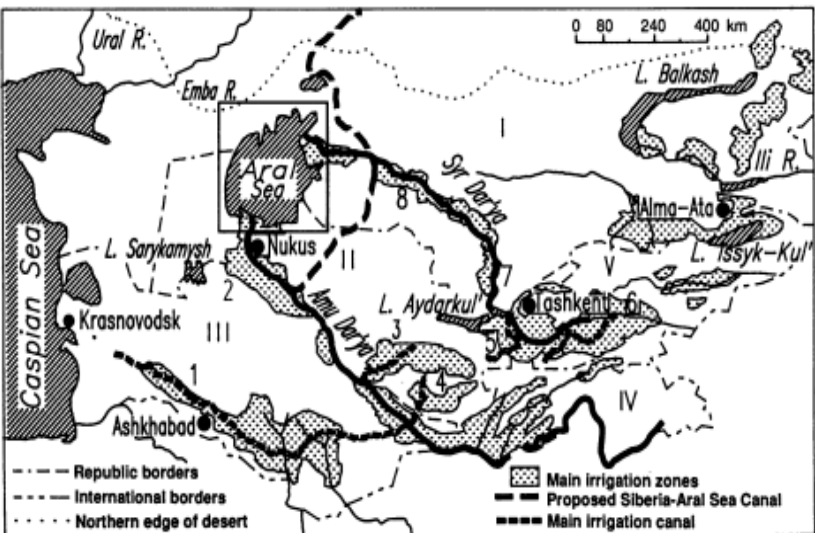
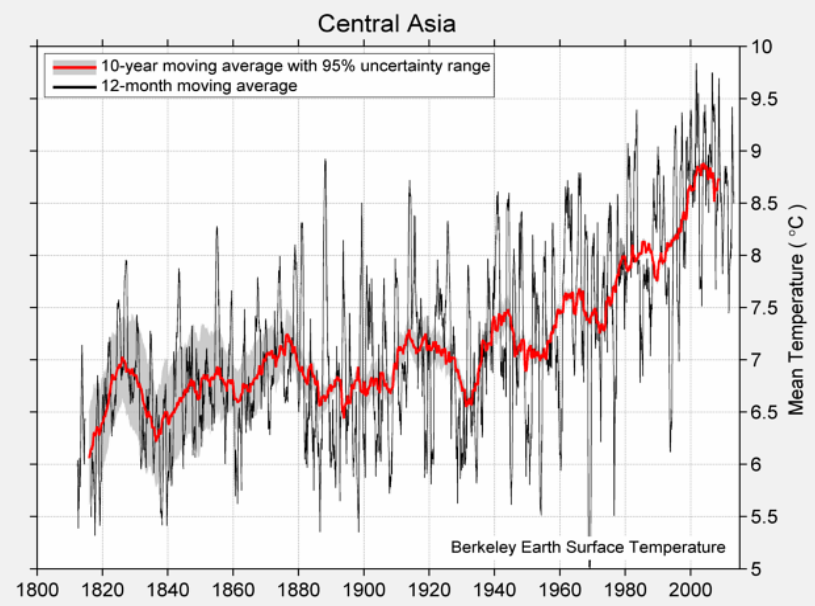
- ④ Трансграничные реки;
- ⑤ Сложное распределение водных ресурсов.





# В Центральной Азии

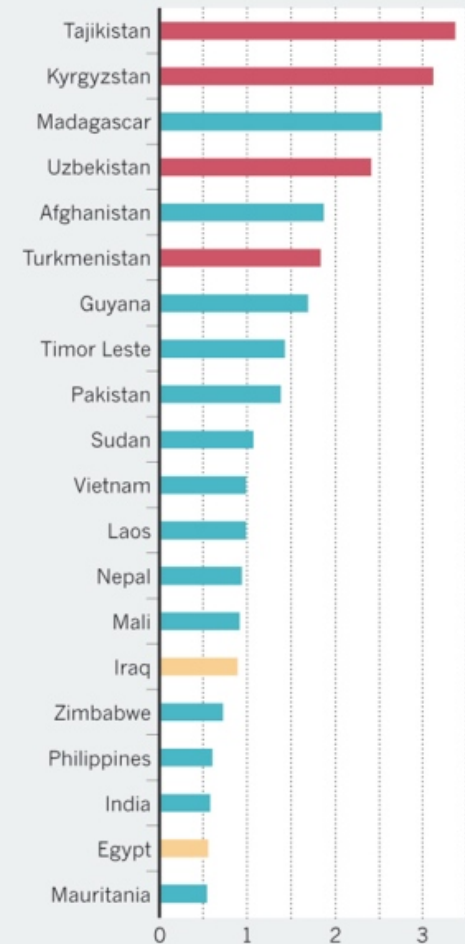
# Предыстория



## TOP 20 CONSUMERS

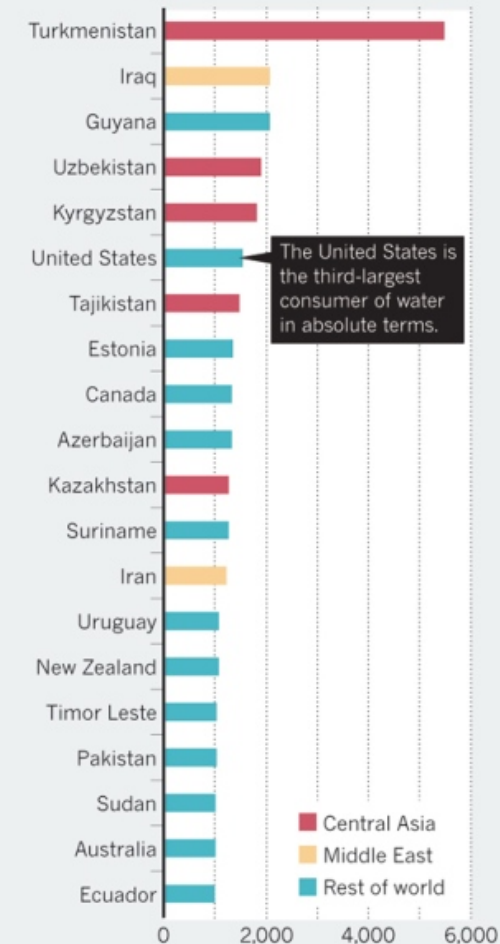
Central Asian republics use disproportionately large quantities of water relative to the size of their economies and populations. Most water goes to irrigate crops grown in poor-quality soils.

### Water use (m<sup>3</sup>) per US\$ of GDP\*



\*Gross domestic product

### Water use (m<sup>3</sup>) per capita



The United States is the third-largest consumer of water in absolute terms.

■ Central Asia  
■ Middle East  
■ Rest of world

# Проблема

**□ Как лучше распознать изменения климатических факторов (например, осадков и температуры) и поверхностных водных ресурсов во всем бассейне Аральского моря?**

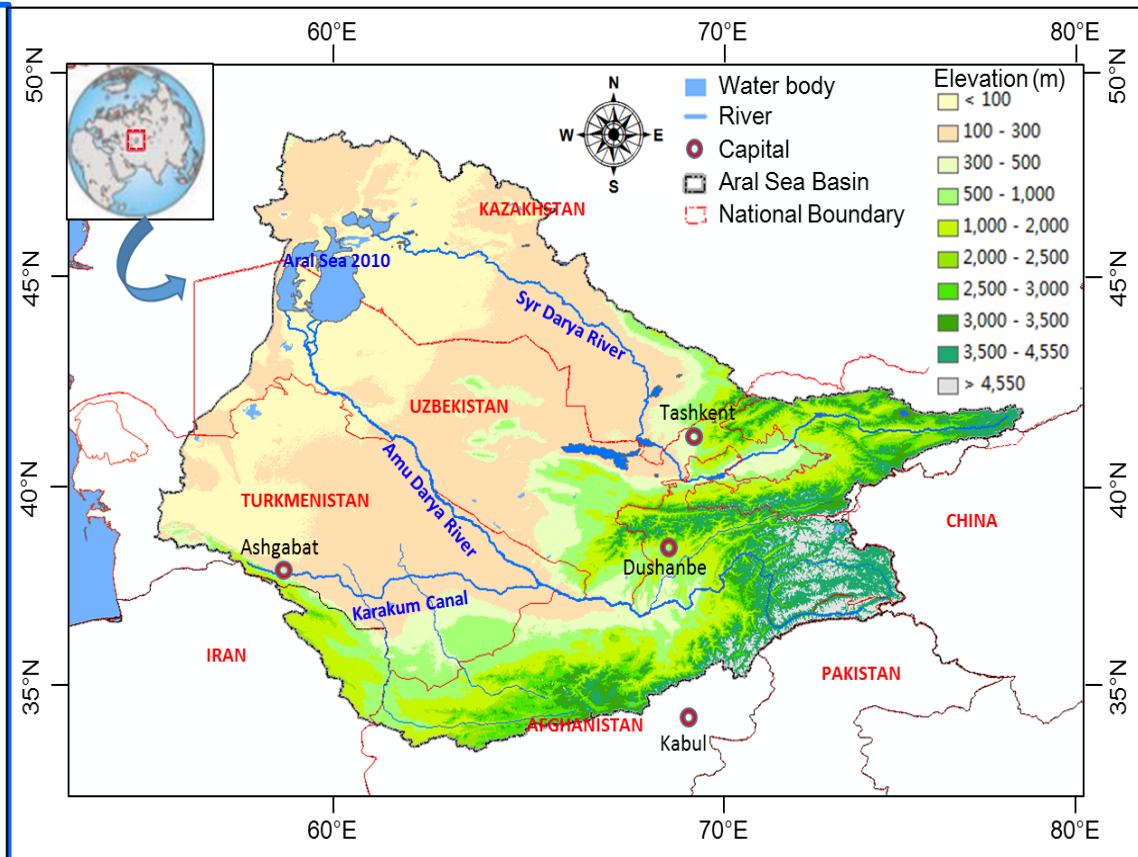
**□ Как смоделировать водные ресурсы для всего бассейна Аральского моря?**



# Наборы данных и методы

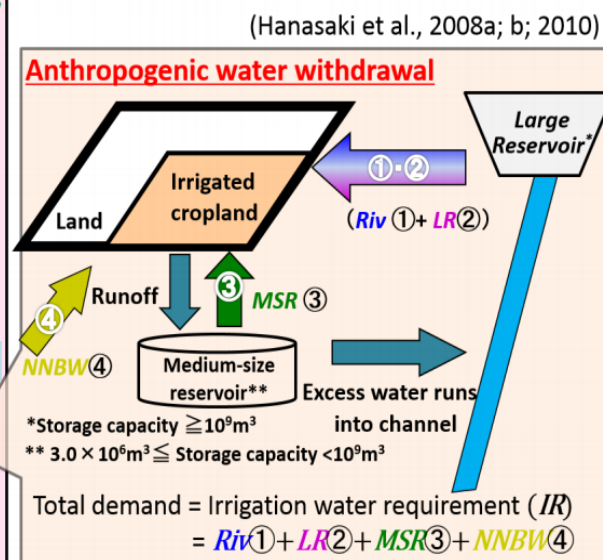
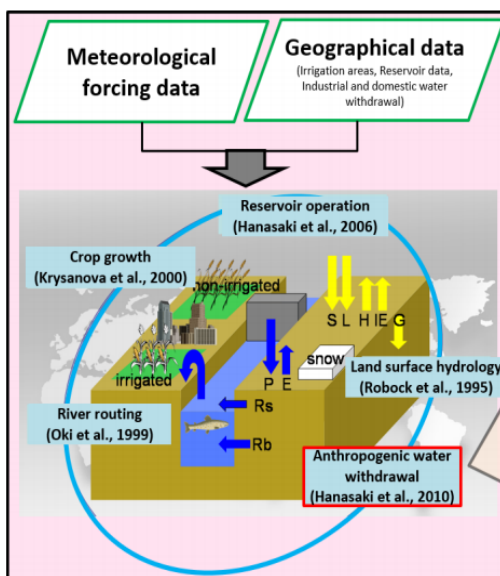
## Наборы данных

- **Гидрологические данные**, включая уровень моря, объем воды и речной сток рек Амударья и Сырдарья;
- **CRU TS v.4.01**, набор данных с сеткой координат и разрешением  $0,5^\circ$ , охватывающий период с 1901 по 2016 гг.;
- Ежегодные **данные о земельном покрове за 1992-2015 гг.**, полученные в рамках инициативы по изменению климата Европейского космического агентства (ESA) (Hollmann et al., 2013).



Разделяют Таджикистан (около 99 процентов), Туркменистан (около 95 процентов) и Узбекистан (около 95 процентов), Кыргызстан (около 59 процентов), Казахстан (около 13 процентов), северный Афганистан (около 38 процентов) и очень небольшая часть Ирана. Аральское море в основном питается реками **Сырдарья и Амударья**, и обе реки берут свое начало от **Копетдага, Западного Тянь-Шаня и Памира**.

- ❑ Модель: H08+PCR-GLOBWB
- ❑ Метеорологический потенциал: CRU 3.2, ERA-Interim
- ❑ Топографические параметры: HydroSHEDS, GTOPO30, Hydro1k
- ❑ Земельный покров: Инициатива по изменению климата ESA
- ❑ Озера: GLWD1, FAO
- ❑ Резервуары: GRanD, FAO
- ❑ Подземные воды: GLHYMPS
- ❑ Параметры почвы:  
Карта почв ФАО
- ❑ .....



□ Тенденции рассчитывали с помощью линейной регрессии наименьших квадратов (Hess et al., 2001), а их значимость оценивали с помощью теста трендов Манна-Кендалла (Kendall, 1975).

□ Для оценки пространственно-временных характеристик изменения землепользования были рассчитаны два индекса, включая амплитуду изменения землепользования и переходную матрицу землепользования. Амплитуда изменения землепользования была рассчитана как:

$$P_i = \frac{LU_{i1} - LU_{i0}}{LU_{i0}} \times 100\% \quad (1)$$

где  $LU_{i0}$  и  $LU_{i1}$  указывают площадь в первом и последнем году по типу землепользования  $i$ , соответственно.

□ Модель: H08+PCR-GLOBWB



# Результаты и обсуждение



1973



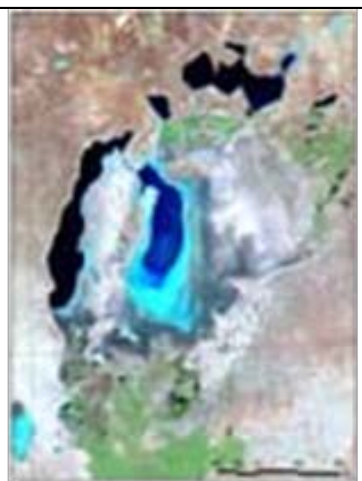
1987



1999



Aug. 2005



Oct. 2008



Sep. 2010



Oct. 2012



Oct. 2015



2017

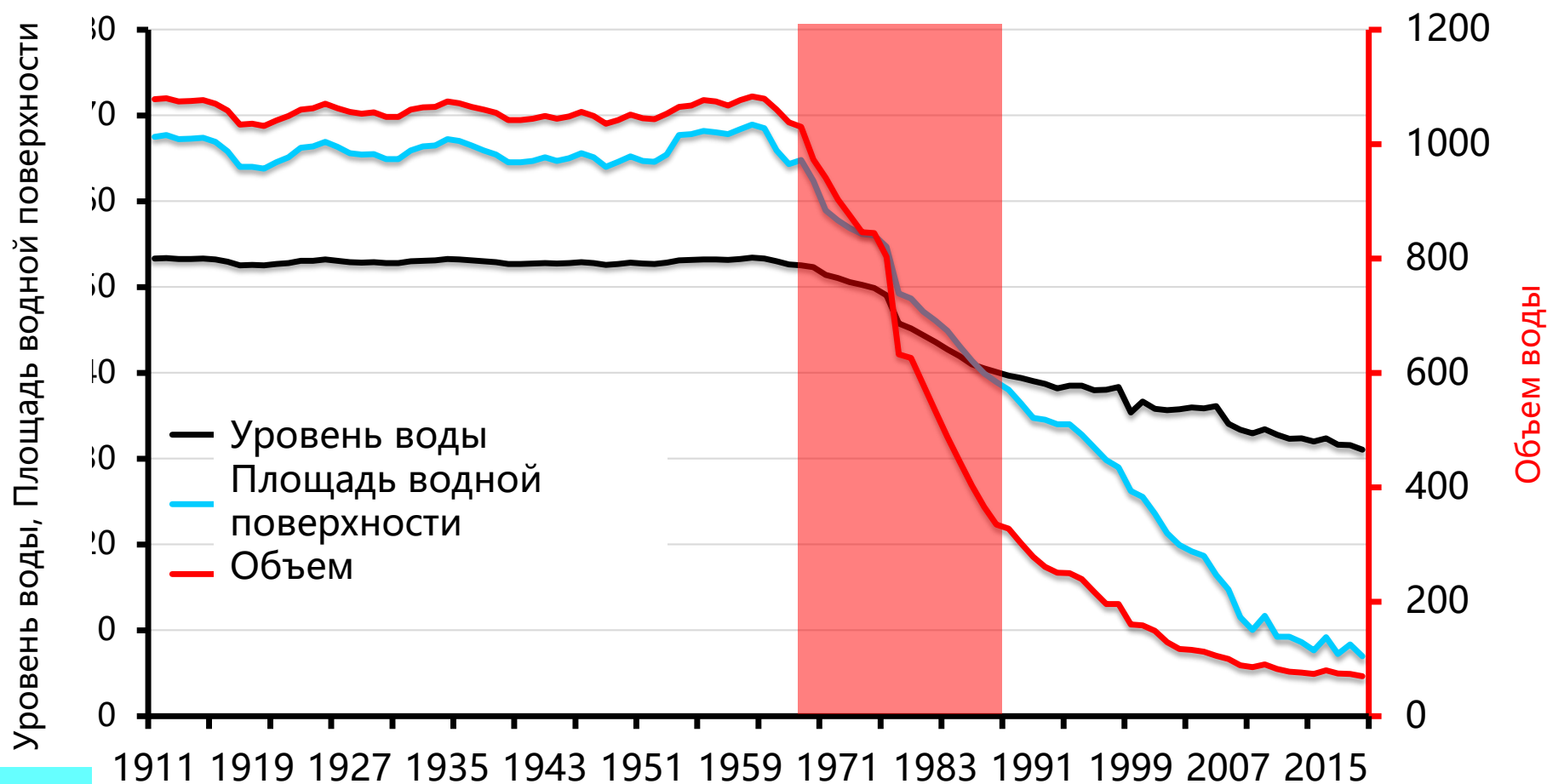


2018

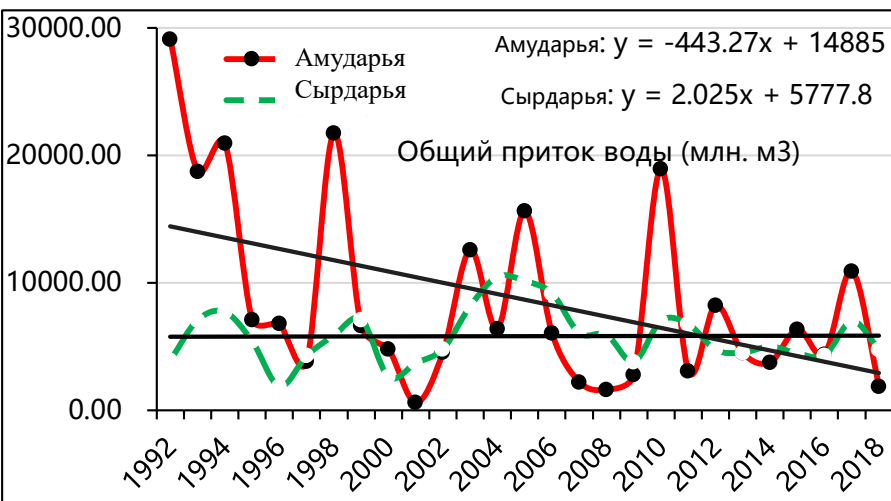
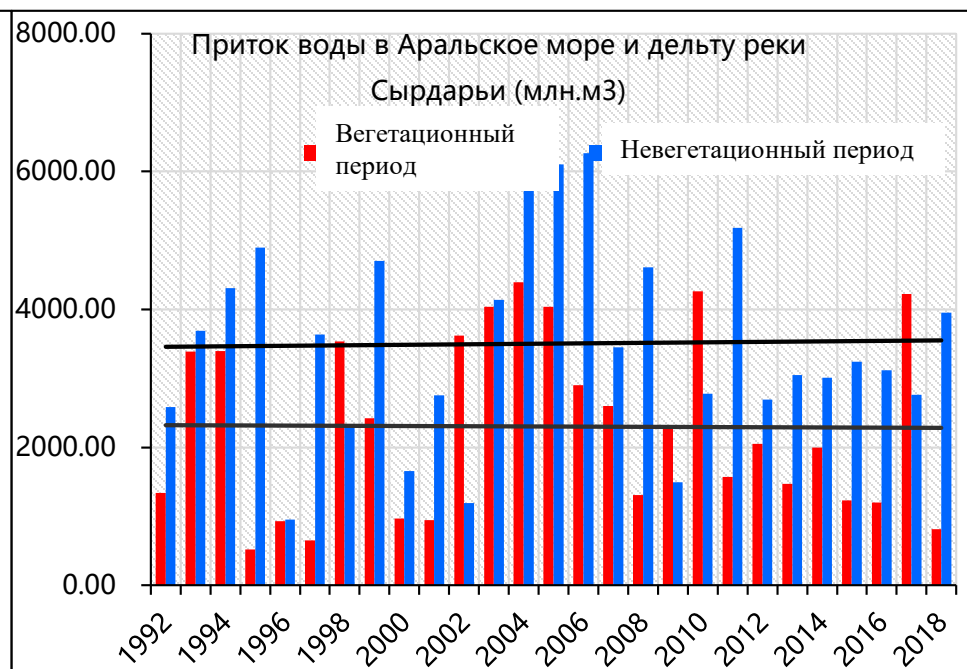
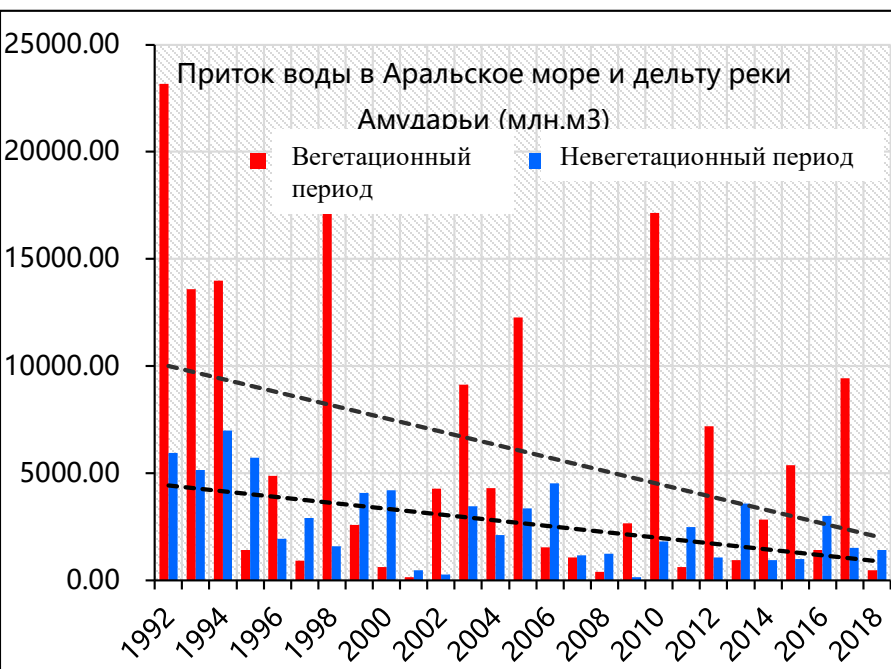
One-tenth

# Результаты и обсуждение

□ Площадь водной поверхности уменьшилась с  $67.5 \times 10^3 \text{ м}^2$  в 1911 г. до  $6.99 \times 10^3 \text{ м}^2$  в 2018; объем воды снизился с  $1078 \text{ км}^3$  в 1911 до  $69.31 \text{ км}^3$  в 2018; и уровень воды снизился с  $53,32 \text{ м}$  в 1911 до  $31,03 \text{ м}$  в 2018



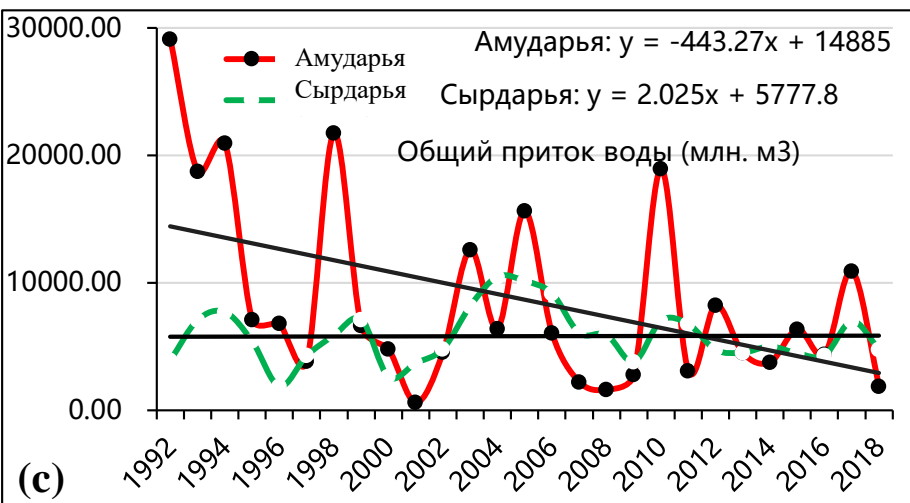
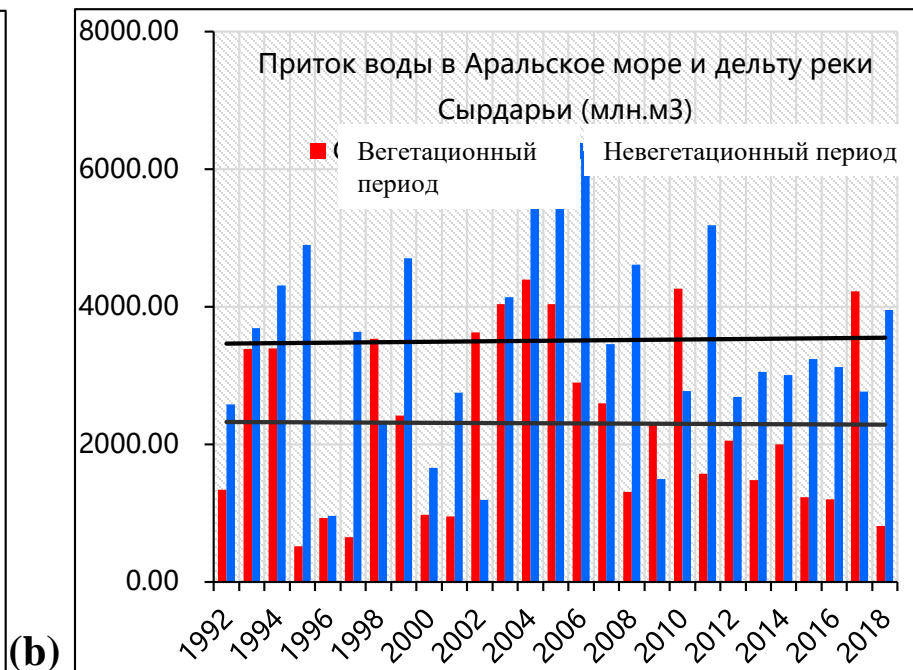
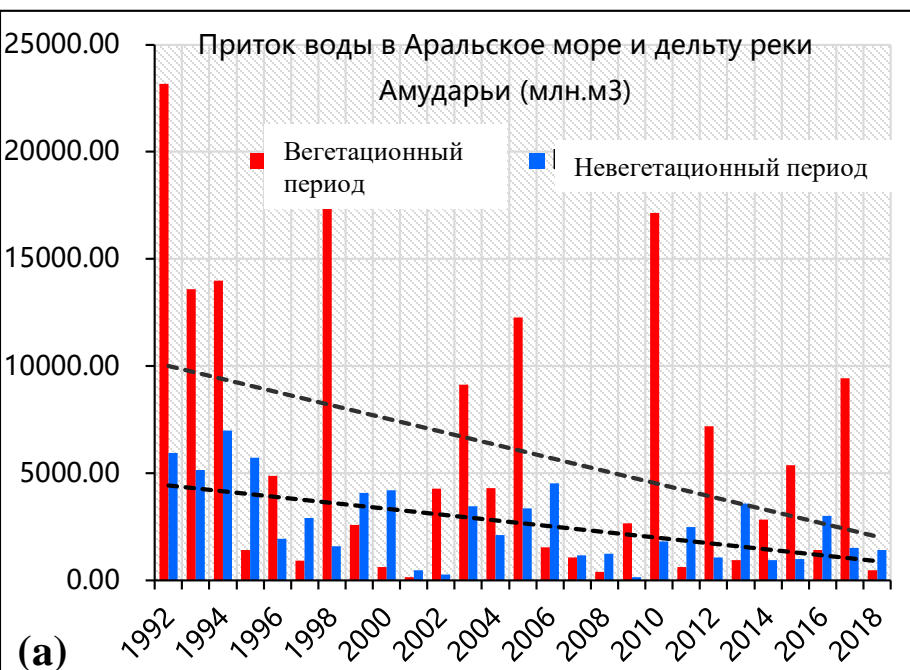
# Результаты и обсуждение

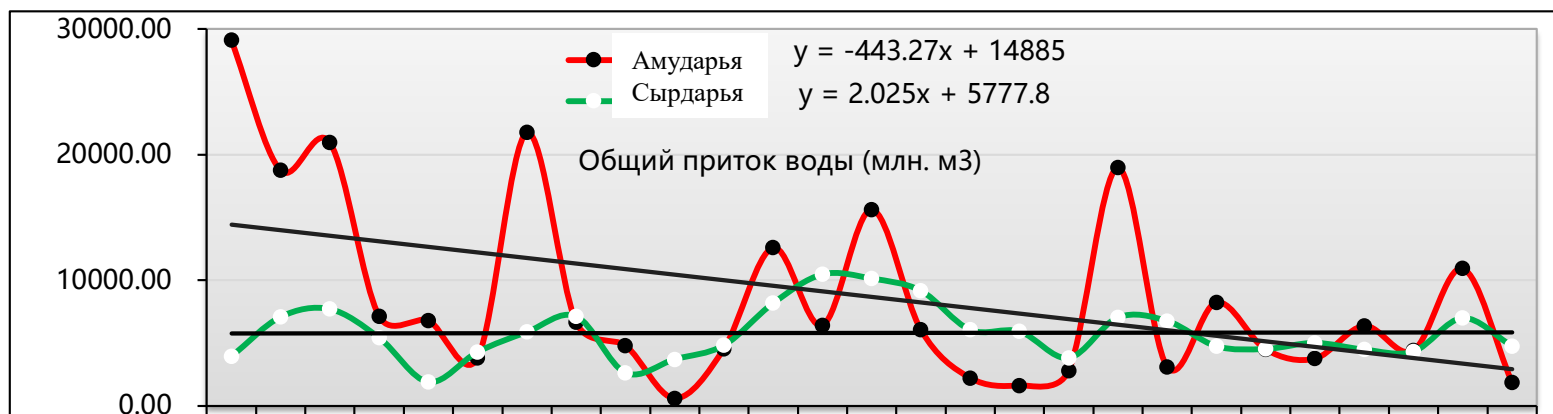
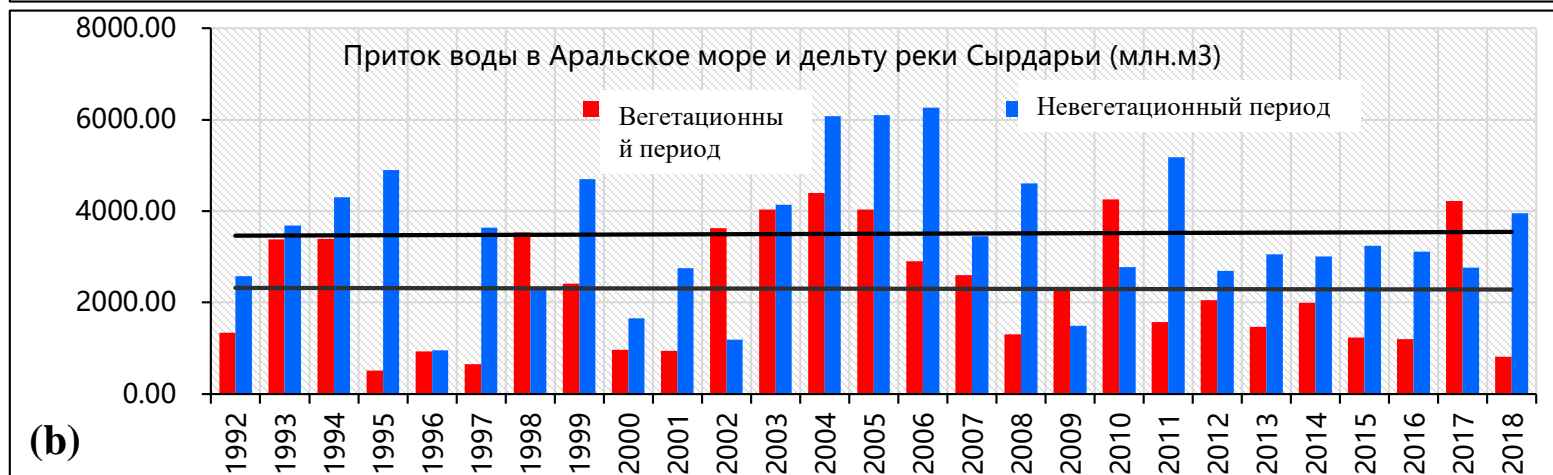


□ В период 1992-2018 гг. приток воды в Аральское море и дельту реки Амударьи значительно сократился как в вегетационный период, так и .

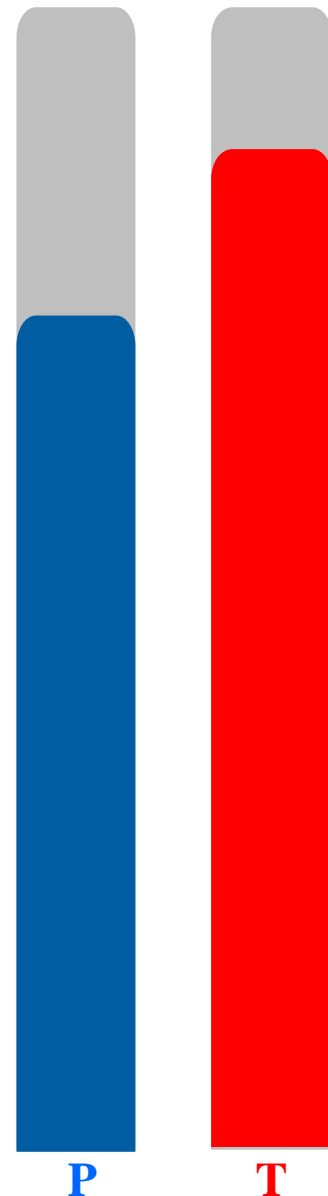
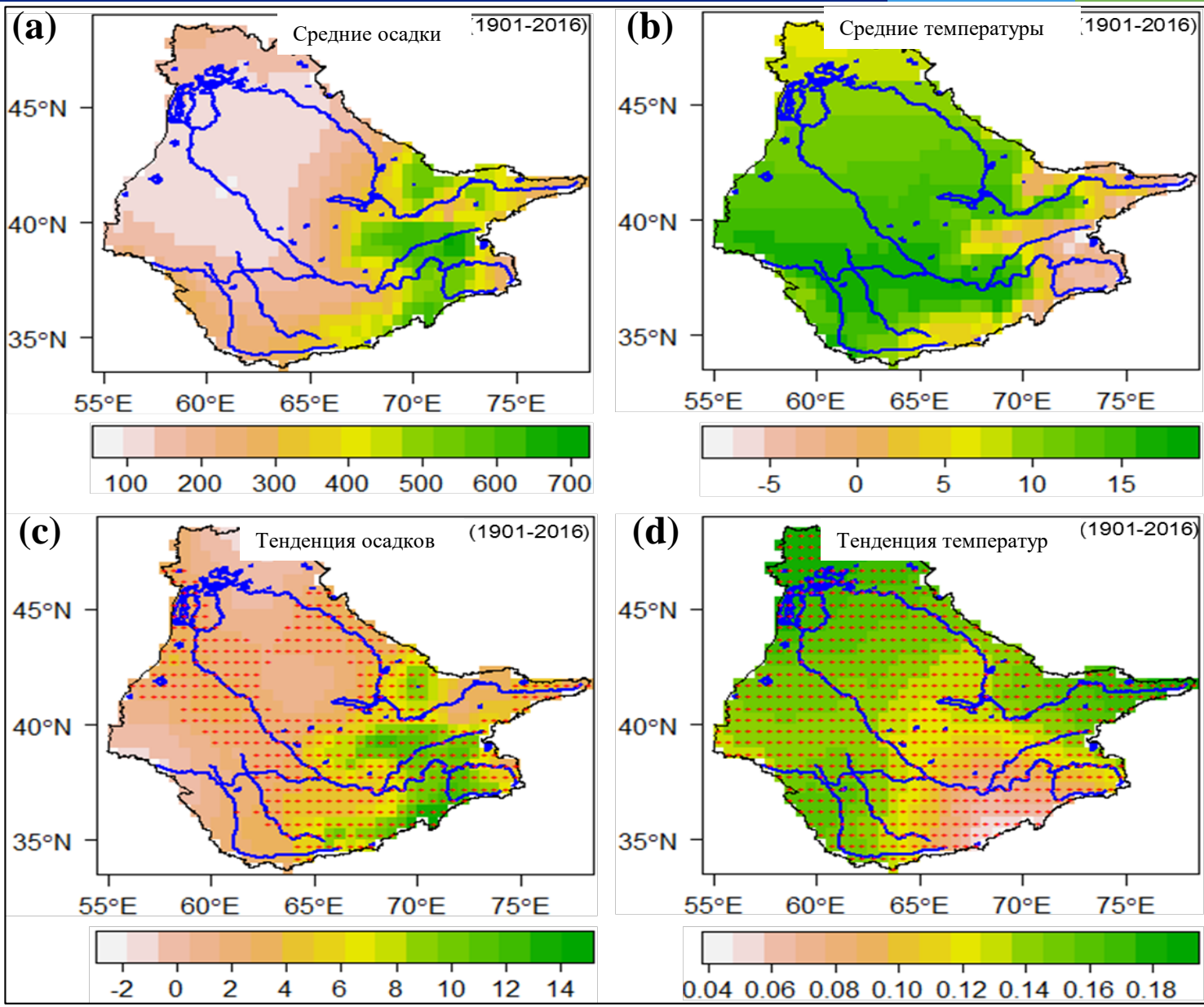


# Результаты и обсуждение



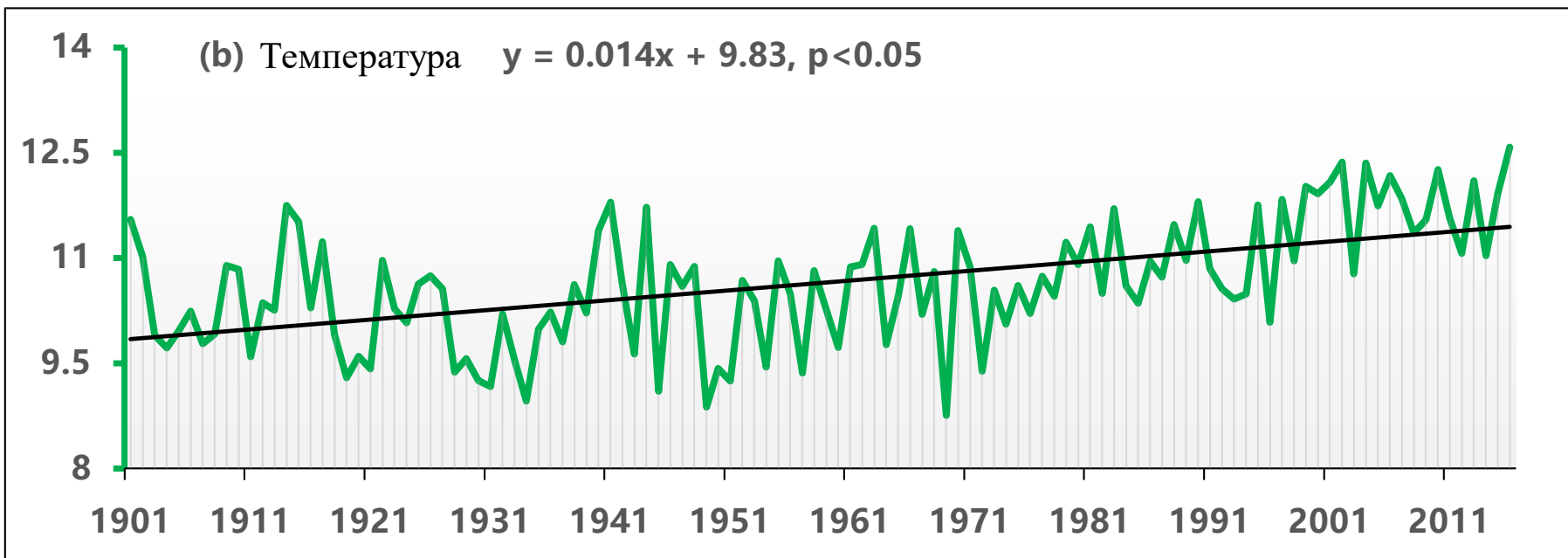
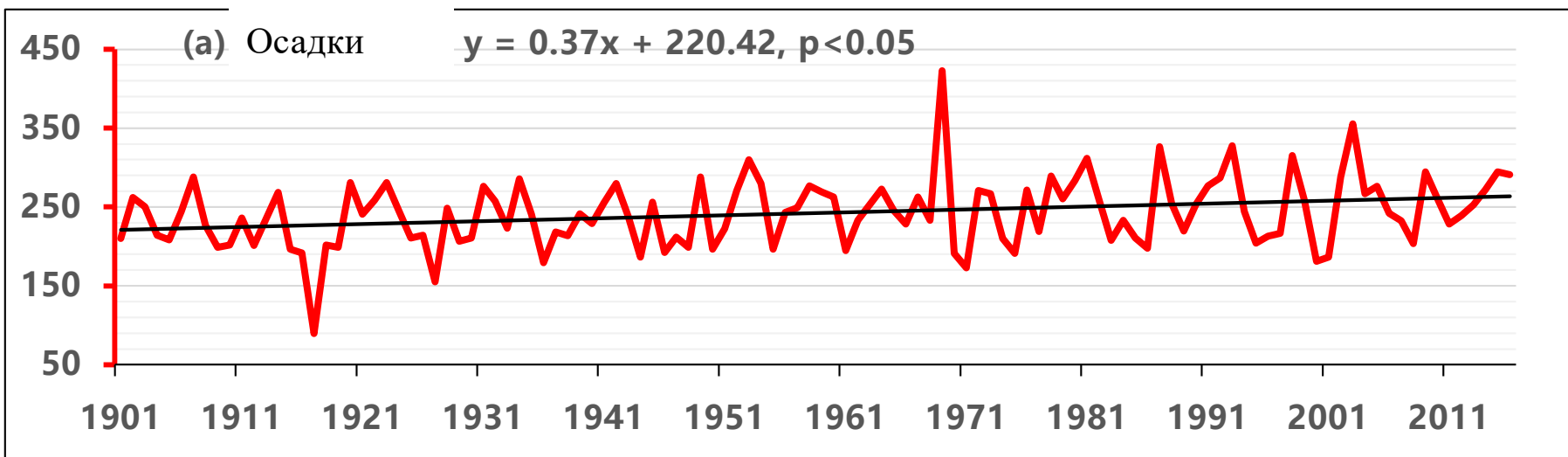


# Результаты и обсуждение





# Результаты и обсуждение



# Результаты и обсуждение

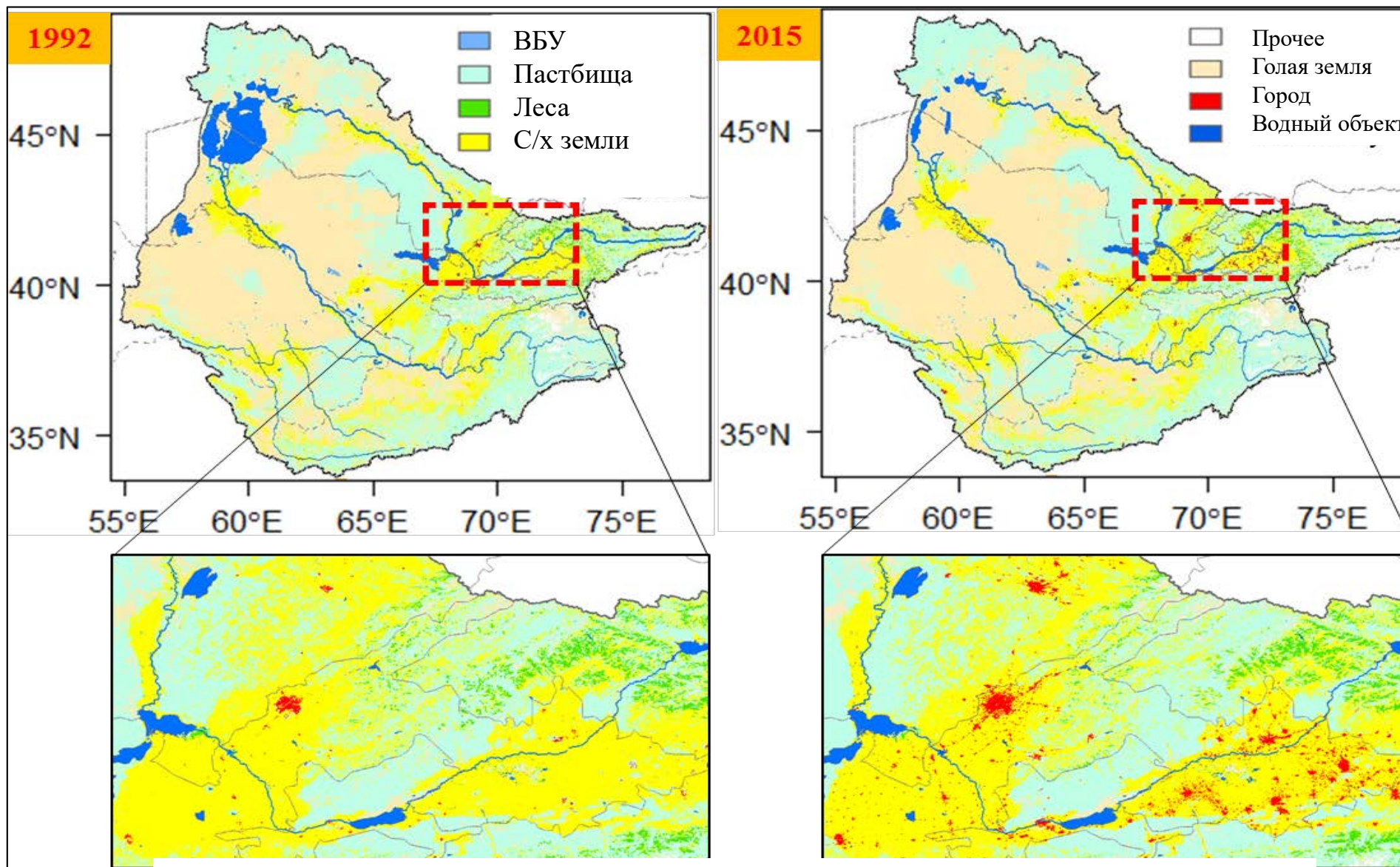


Рисунок 9. Карты земельного покрова в бассейне Аральского моря в 1992 и 2015

# Результаты и обсуждение

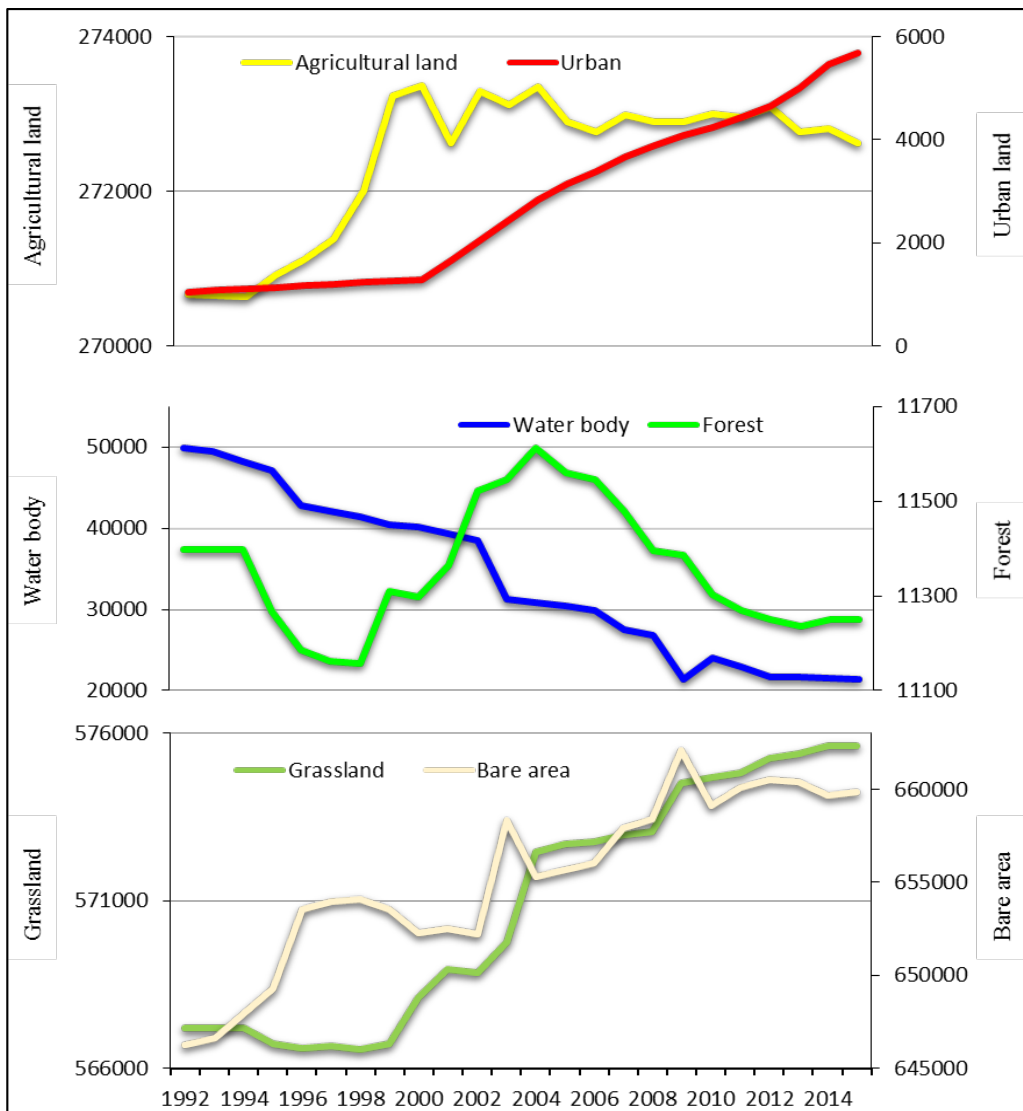


Рисунок 10. Карты земельного покрова в бассейне реки Сырдарья в 1992 и 2015 гг.

(From Zou et al. 2019)

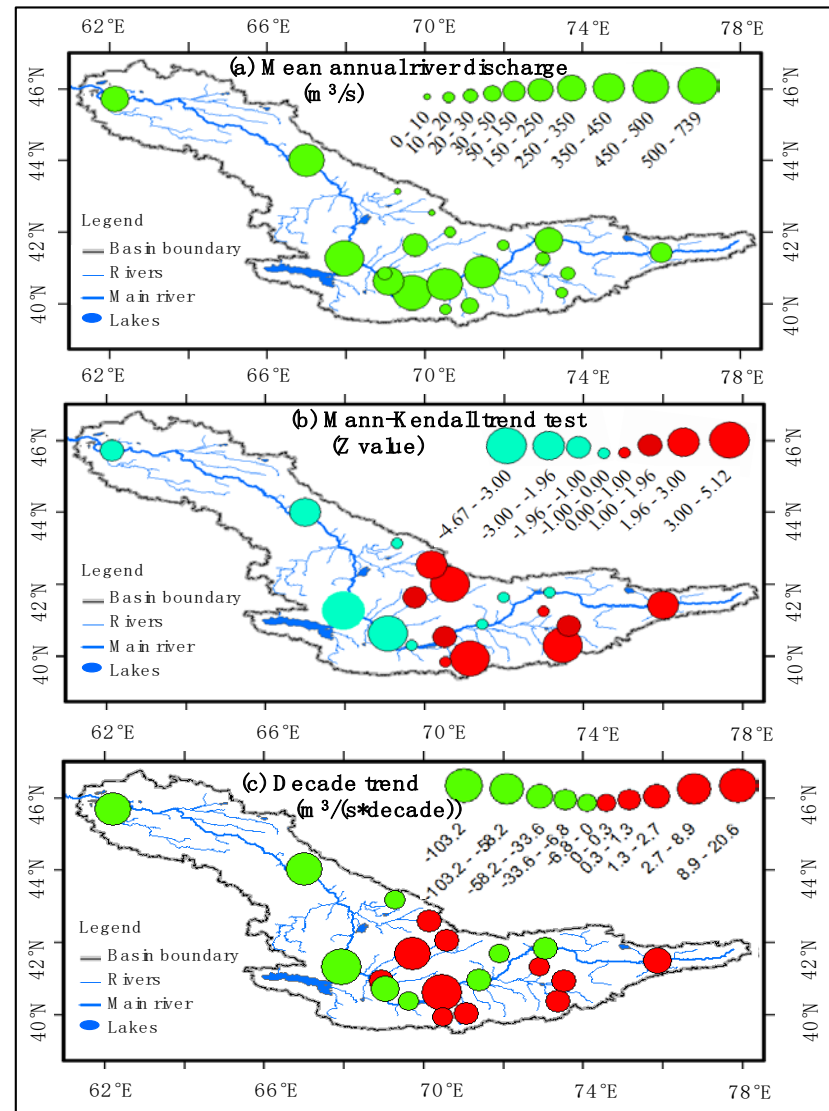


Рисунок 11. Карта среднего годового стока реки ( $m^3/c$ ), (б) тест Манна – Кендалла (Z) и (в) тренд для каждого десятилетия ( $m^3/(c*декада)$ )



# Результаты и обсуждение

Резкий скачок (в 1973) был обнаружен на Станции 8, разделив записи на два периода времени, 1930–1973 и 1974–2006 годы. Основная причина заключается в том, что в 1973 г. была построена самая большая плотина (Токтогульская плотина), чтобы контролировать сток реки для обеспечения достаточного количества воды для орошения. Среднегодовой сток воды в этих двух интервалах на станции 8 составил **565.7** и **355.3 м<sup>3</sup>/с**, соответственно, снижение между этими двумя периодами времени составило **210.5 м<sup>3</sup>/с**.

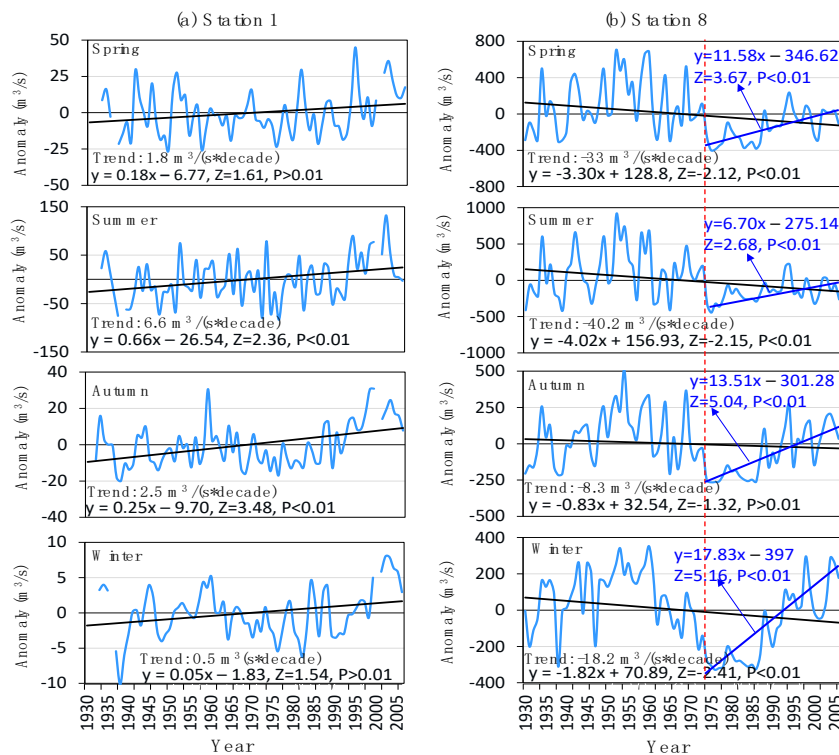


Рисунок 12. Временные ряды, тренды и резкие изменения сезонной аномалии речного стока (м<sup>3</sup>/с) на (а) станции 1 и (б) станции 8 в течение периода исследования. (Zou et al. 2019)

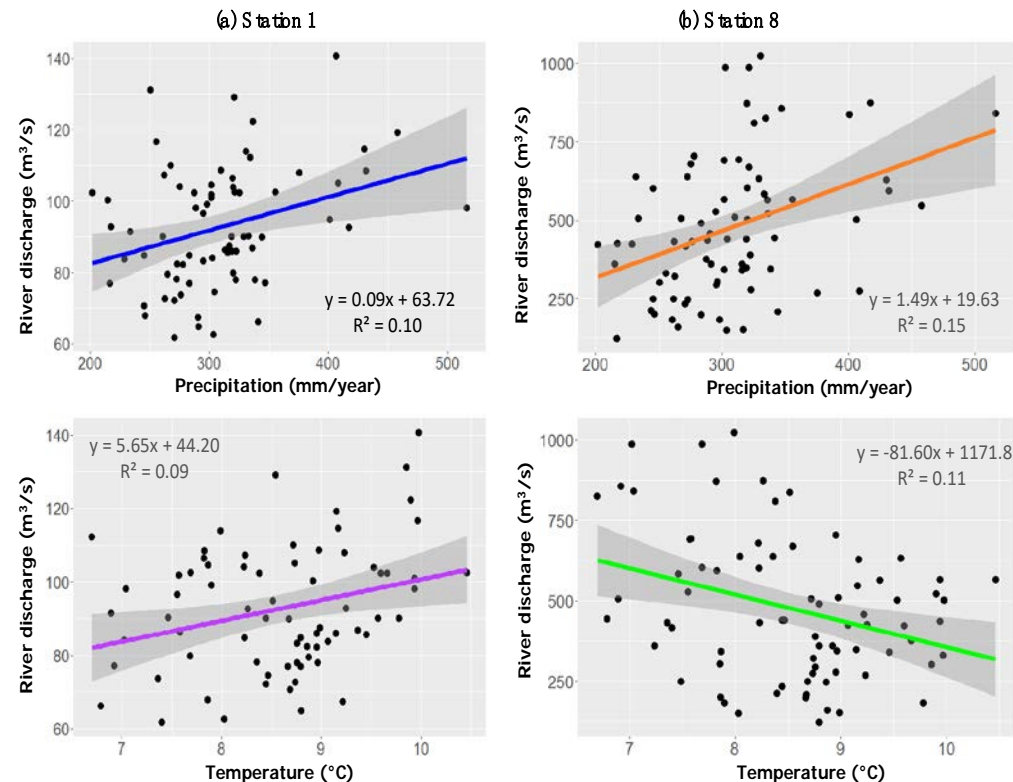


Рисунок 13. Корреляция между годовым количеством осадков, температурой и речным стоком на станциях 1 и 8 в бассейне реки Сырдарья. Прямая линия представляет линии линейной регрессии, а черный оттенок - 95% доверительный интервал.

# Результаты и обсуждение

Таблица 1. Множественная линейная регрессия речного стока (м<sup>3</sup>/с) в зависимости от осадков (мм) и температуры (° C) в бассейне реки Сырдарья.

Станция	Параметр	Отклонение	Осадки	Температура
Станция 1 (в верховьях р. Сырдарья)	коэффициент	0.55	0.11	6.85
	станд. погреш.	19.78	0.03	1.97
	<b>значение t</b>	<b>0.02</b>	<b>3.56</b>	<b>3.48</b>
	значение p	>0.05	<0.001	<0.001
Станция 1 (в низовьях р. Сырдарья)	коэффициент	684.42	1.40	-74.95
	станд. погреш.	257.13	0.39	25.57
	<b>значение t</b>	<b>2.66</b>	<b>3.60</b>	<b>-2.93</b>
	значение p	<0.001	<0.001	<0.005

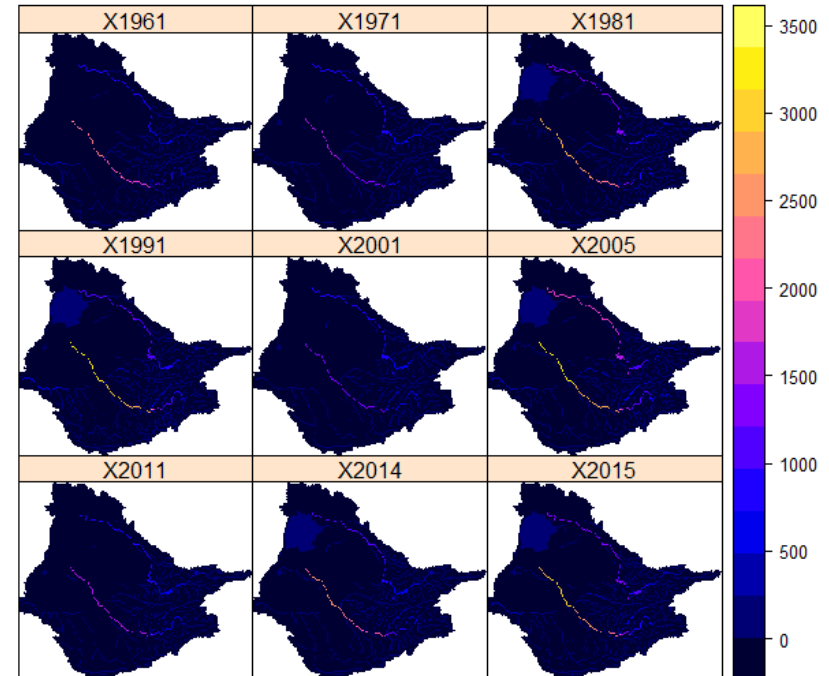
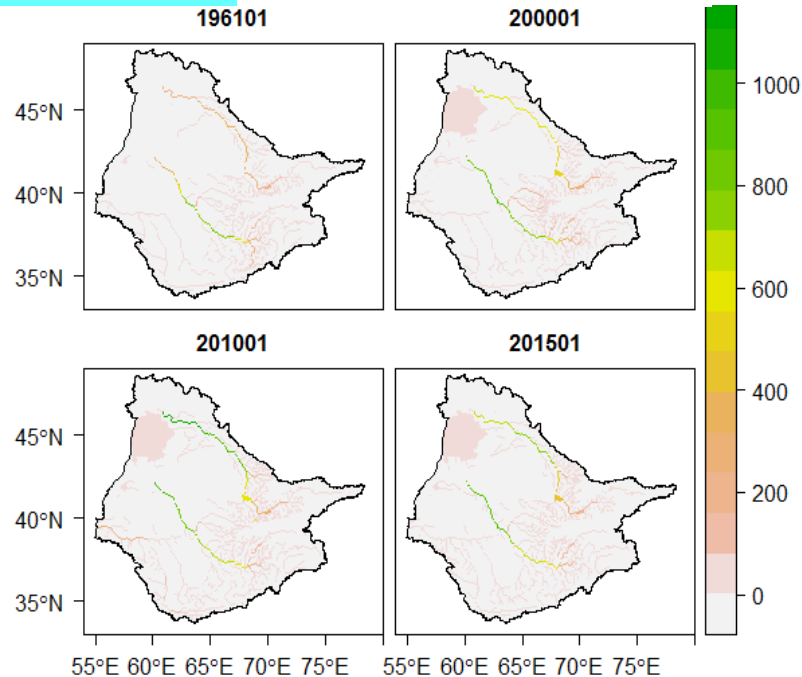
Был проведен множественный линейный регрессионный анализ с речным стоком в качестве зависимой переменной (а осадки и температура в качестве независимых переменных). Значения регрессии t для осадков и температуры на станции 1 составили 3,56 (p <0,001) и 3,48 (p <0,001) соответственно, **что отражает положительную корреляцию между климатическими факторами (как температура, так и осадки) и стоком реки.** Кроме того, величина значений t на станциях 1 и 8 указывает на то, что **влияние межгодовой изменчивости осадков на речной сток такое же, как и влияние межгодовой изменчивости температуры.**

# Результаты и обсуждение

## Симуляции стока

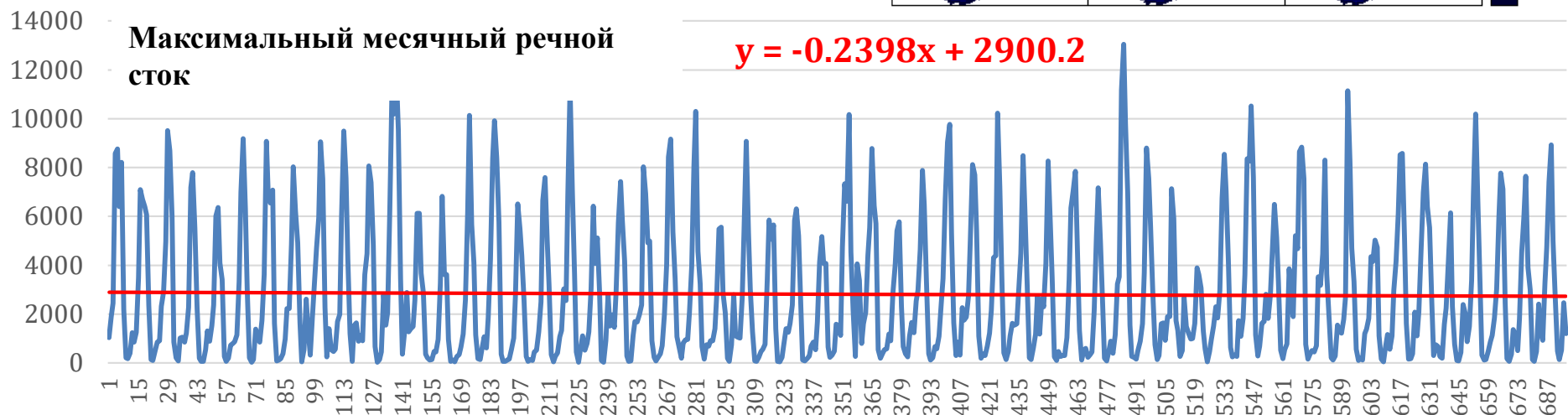
## Сток м3/с в январе

## Ежегодный сток (м3/с)



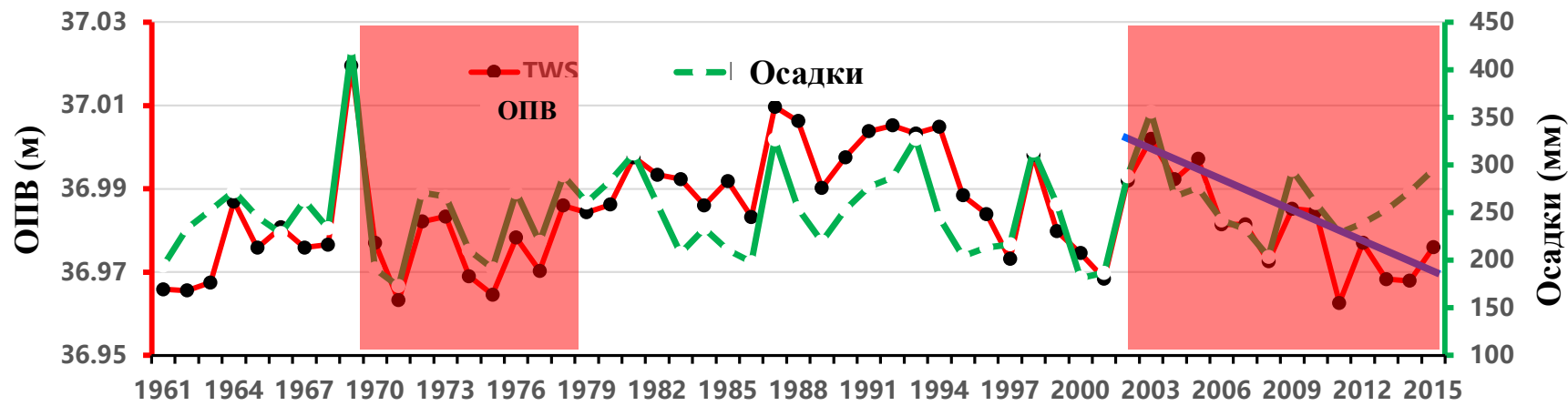
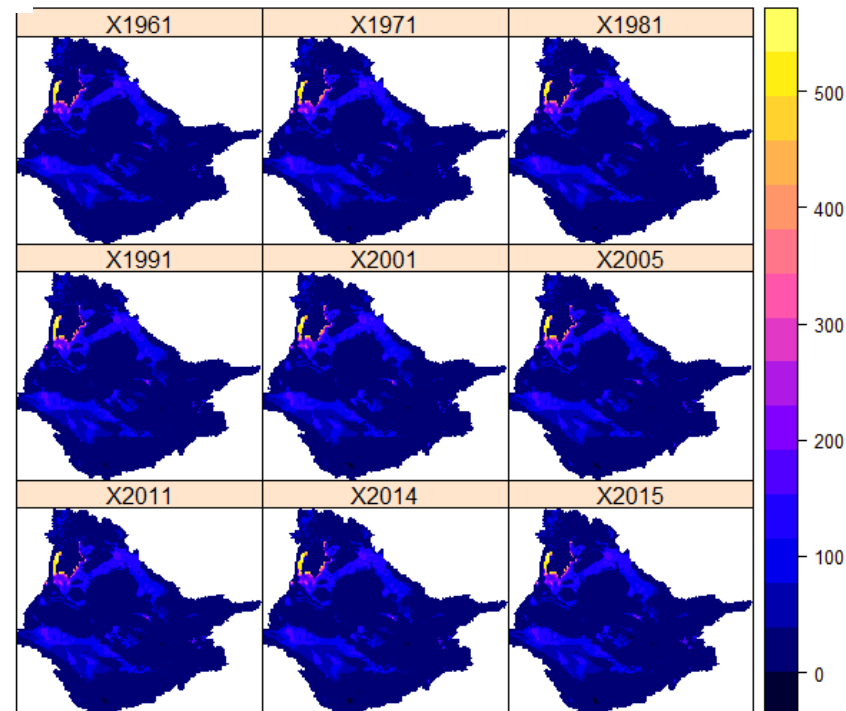
## Максимальный месячный речной сток

$$y = -0.2398x + 2900.2$$



## Симуляции водоаккумулирования

### Общее водоаккумулирование (м)





# Выводы

- ❑ Увеличение объема осадков и талой воды привело к увеличению потоков воды из верховий рек в средние участки и низовья.
- ❑ Расширение городских земель (219,76 км<sup>2</sup>/год) и сельскохозяйственных угодий (96,03 км<sup>2</sup>/год) в период с 1992 по 2015 привело к увеличению потребления воды, что усугубило нехватку водных ресурсов в бассейне Аральского моря.
- ❑ Создание водохранилищ и оросительных каналов значительно перекрыло сток реки, особенно начиная с 1960-х годов.



**中国科学院新疆生态与地理研究所**

XINJIANG INSTITUTE OF ECOLOGY AND GEOGRAPHY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

**СПАСИБО ЗА ВАШЕ**

**ВНИМАНИЕ!**

**ВОПРОСЫ?**