



Leibniz Institute of Agricultural Development  
in Transition Economies



## *Региональный индекс климатической уязвимости ЦАРЭС*

**Атабек Умирбеков**

Семинар АБР/ЦАРЭС «Региональный диалог по политике в области изменения климата: извлечение уроков из пандемии COVID-19»

18-19 июня 2020 г.

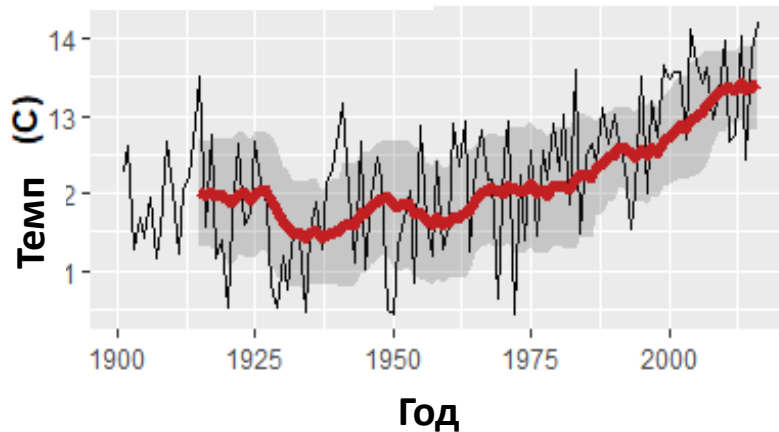
The views expressed in this presentation are the views of the author and do not necessarily reflect the views or policies of the Asian Development Bank Institute (ADBI), the Asian Development Bank (ADB), its Board of Directors, or the governments they represent. ADBI does not guarantee the accuracy of 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.

# Исторические климатические тенденции в регионе ЦАРЭС

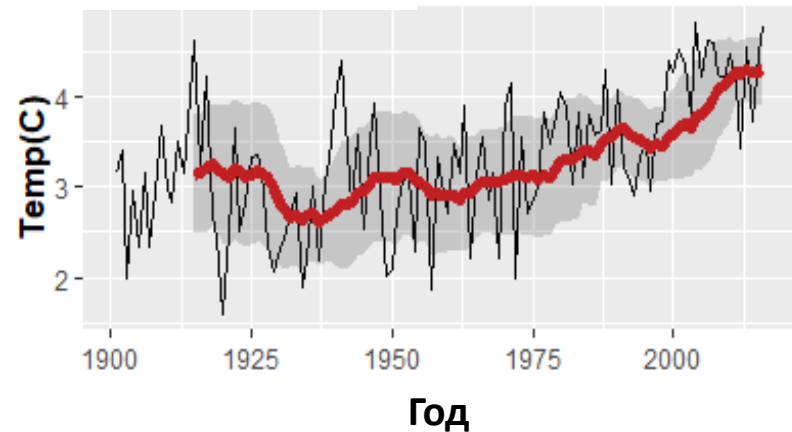
# Основные наблюдаемые климатические тенденции в регионе ЦАРЭС

- Повышение годовой температуры за последнее столетие во всех странах региона;
- Скорость роста от умеренной ( $0,8-1,5^{\circ}\text{C}$ ) до высокой ( $1,8-2,2^{\circ}\text{C}$ );

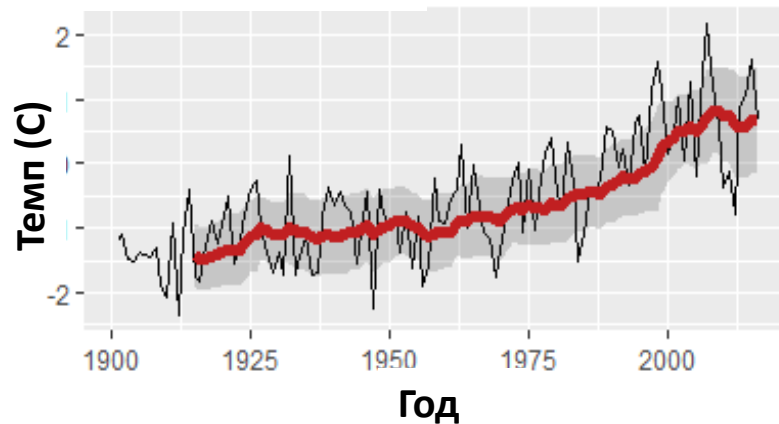
**Узбекистан**



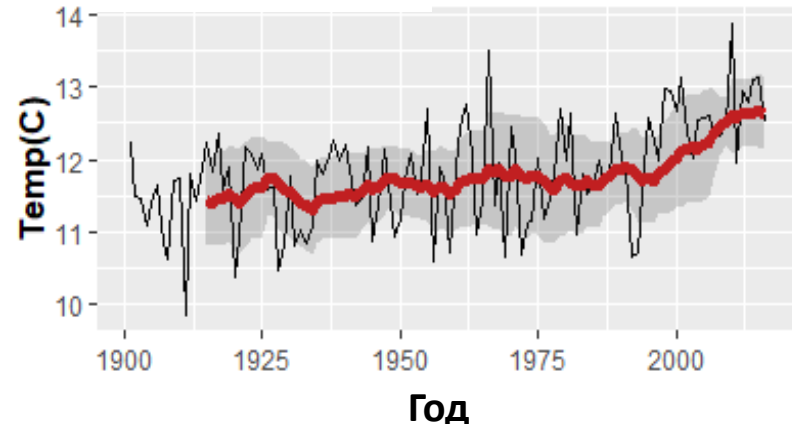
**Таджикистан**



**Монголия**



**Азербайджан**

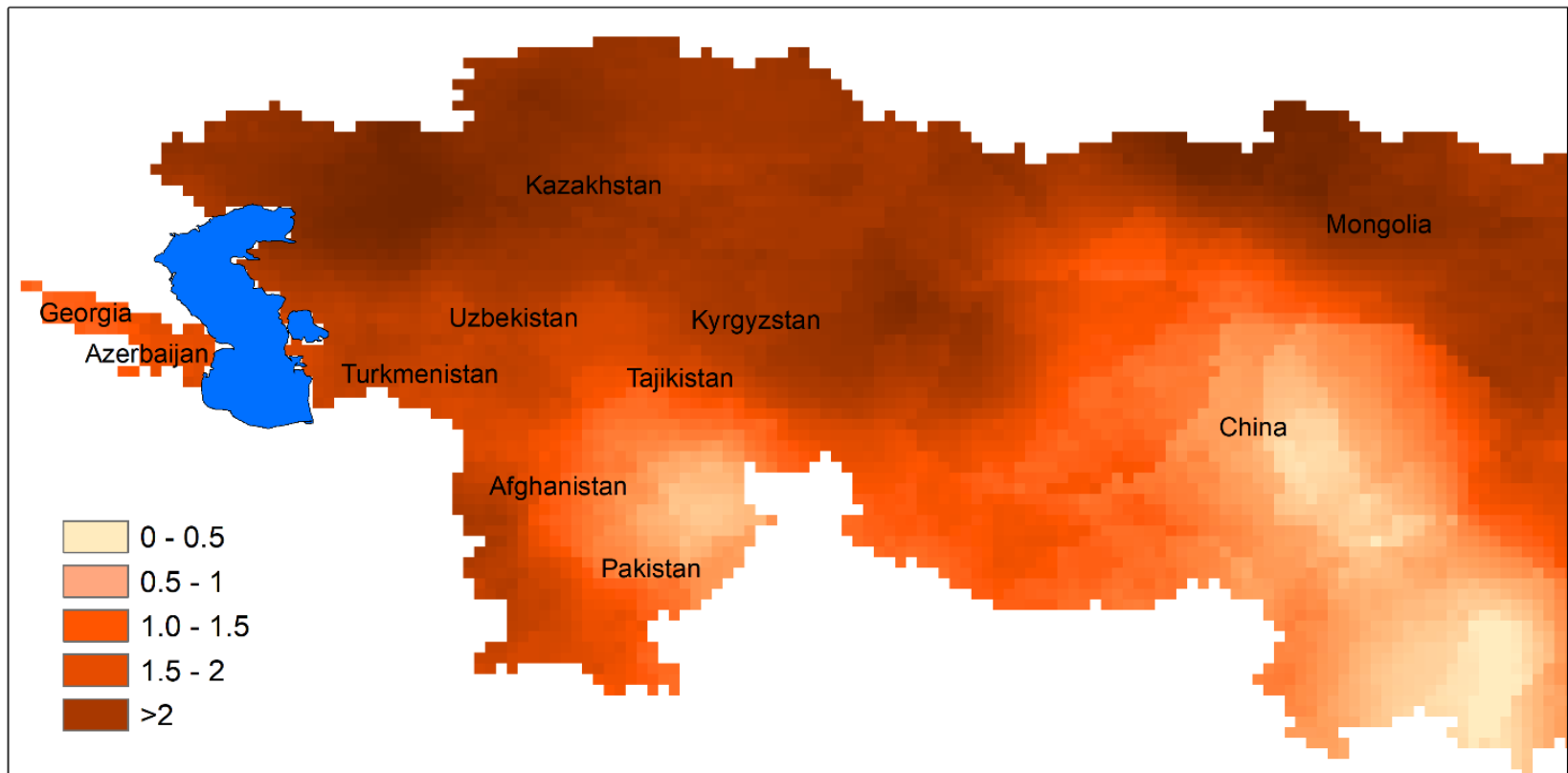


Источник: на основе базы данных CRU TS v. 4.01, Harris et al 2020

# Основные наблюдаемые климатические тенденции в регионе ЦАРЭС

- Высокая вариация годового роста температуры в зависимости от географического положения;
- Относительно более высокие изменения среднегодовых температур с 1900 по 2000 гг. на юге Афганистана, в восточных частях гор Тянь-Шаня и Памира и на северо-западе Монголии;

**Изменение среднегодовых температур в странах ЦАРЭС к 2000-2020 гг. относительно средних значений 1900-1920 гг.**

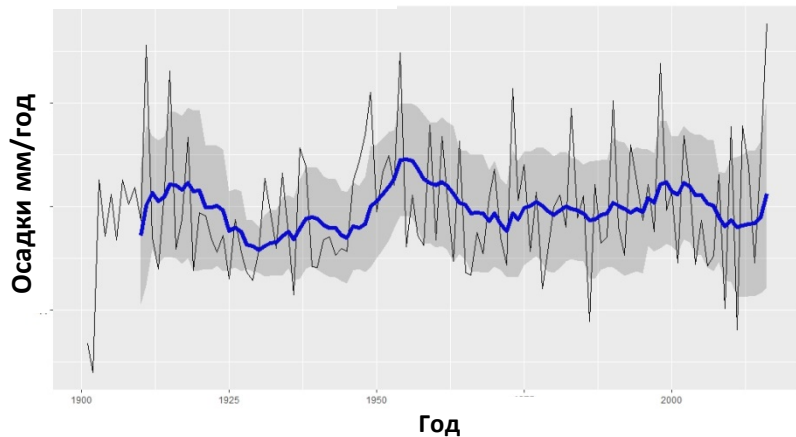


Источник: на основе базы данных CRU TS v. 4.01

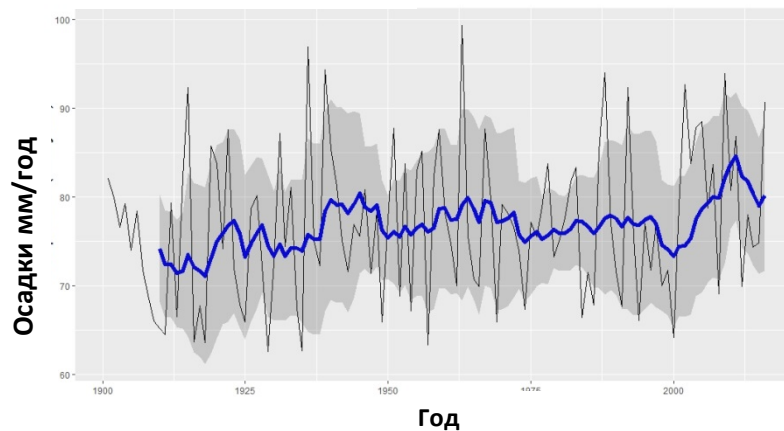
# Изменения годовых сумм осадков

- Смешанные паттерны и нечеткие тенденции агрегированных значений годовых сумм осадков по странам;

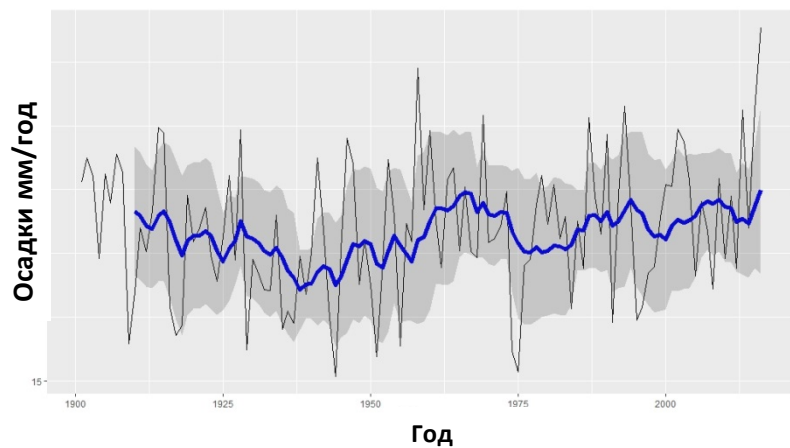
**Китай**



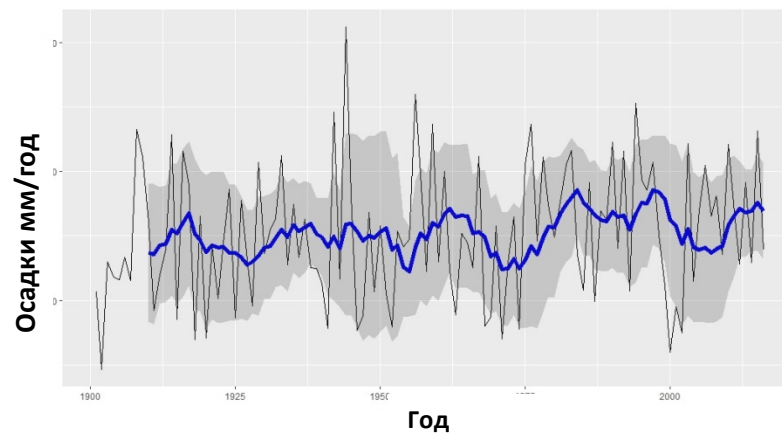
**Грузия**



**Казахстан**



**Пакистан**

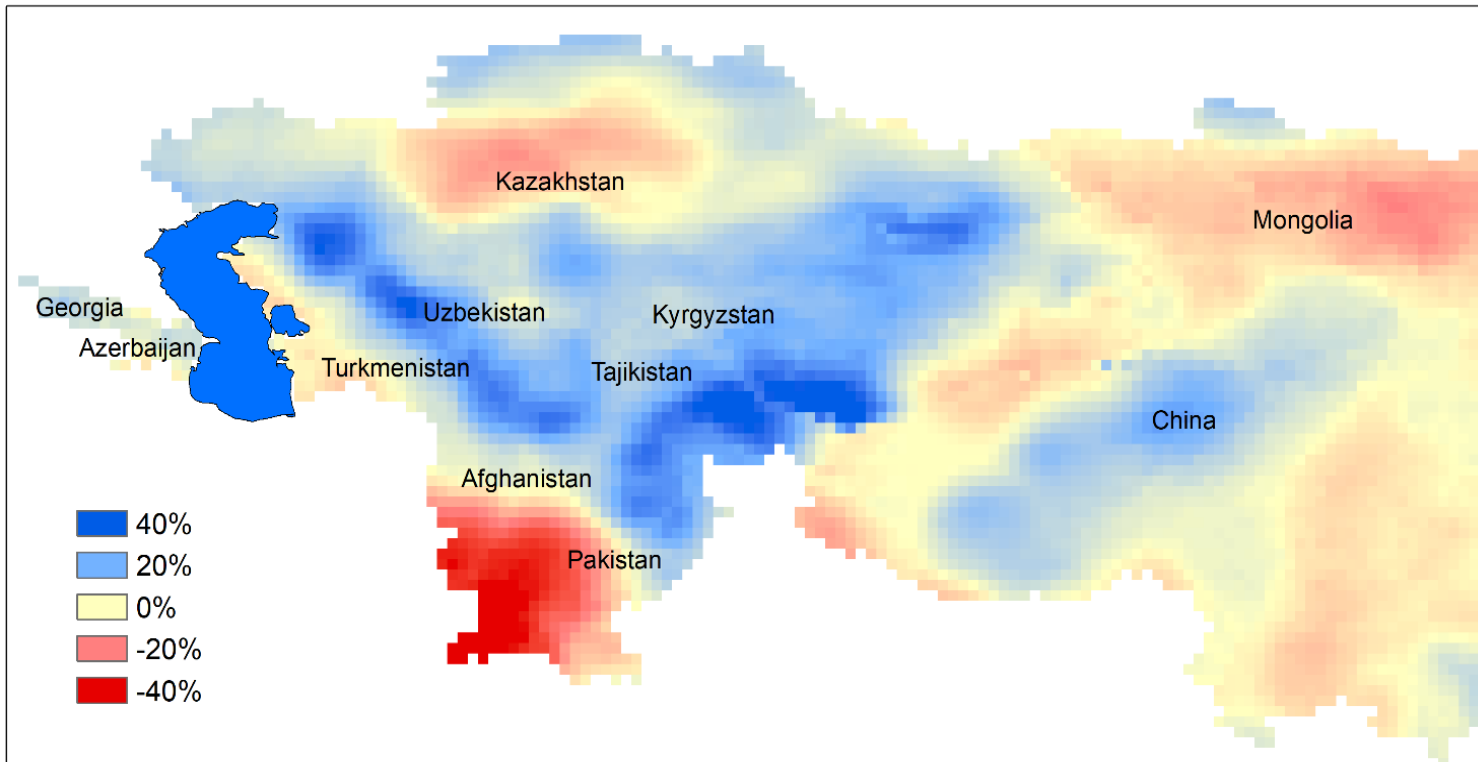


# Изменения годовых сумм осадков

Существенные изменения в пространственной и сезонной структуре осадков:

- увеличение количества осадков в один сезон компенсируется уменьшением в других сезонах года;
- увеличение среднегодового количества осадков в некоторых районах компенсируется уменьшением в других районах;

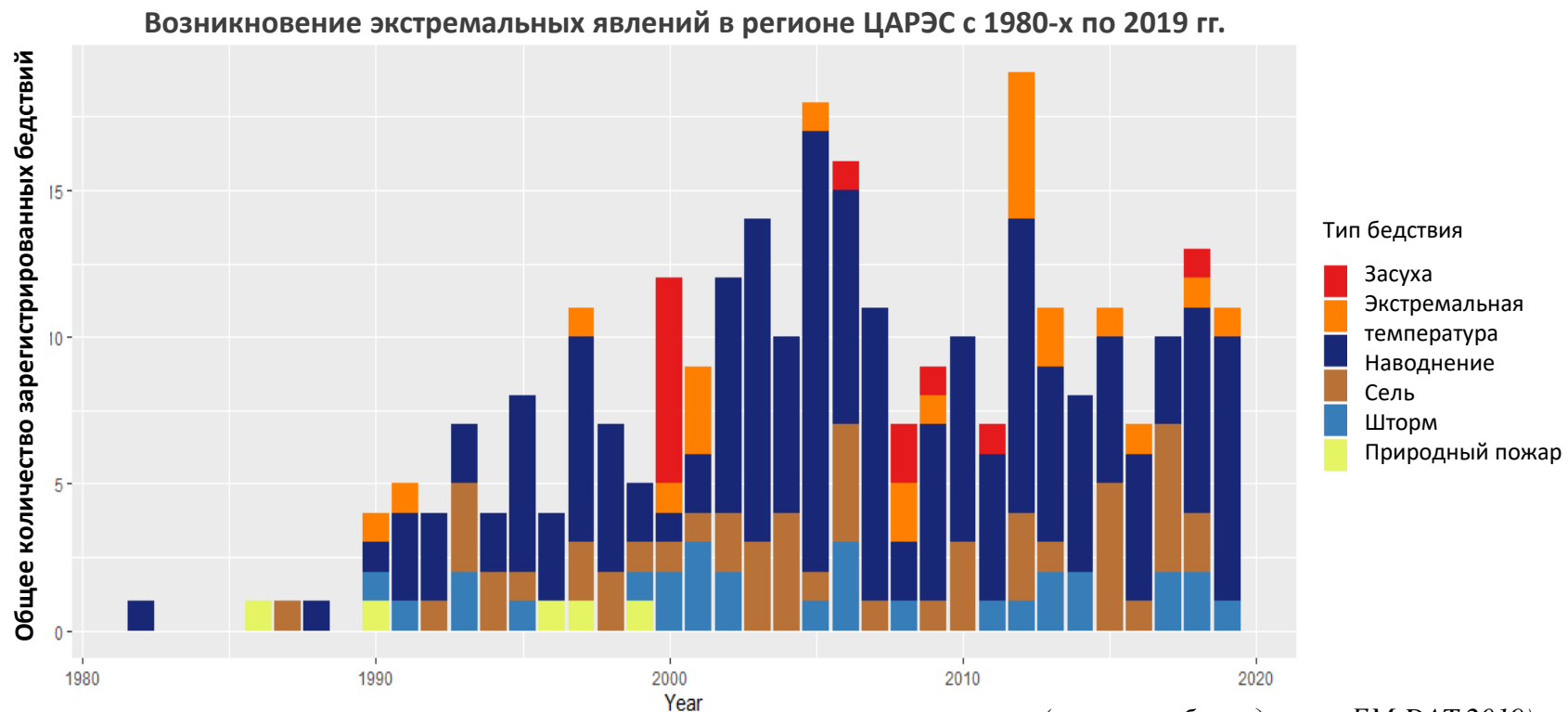
**Изменчивость годовых сумм осадков по странам ЦАРЭС (1990-2019 гг.)**



# Динамика экстремальных климатических явлений, регистрируемых странами региона ЦАРЭС с 1990 по 2019 гг.

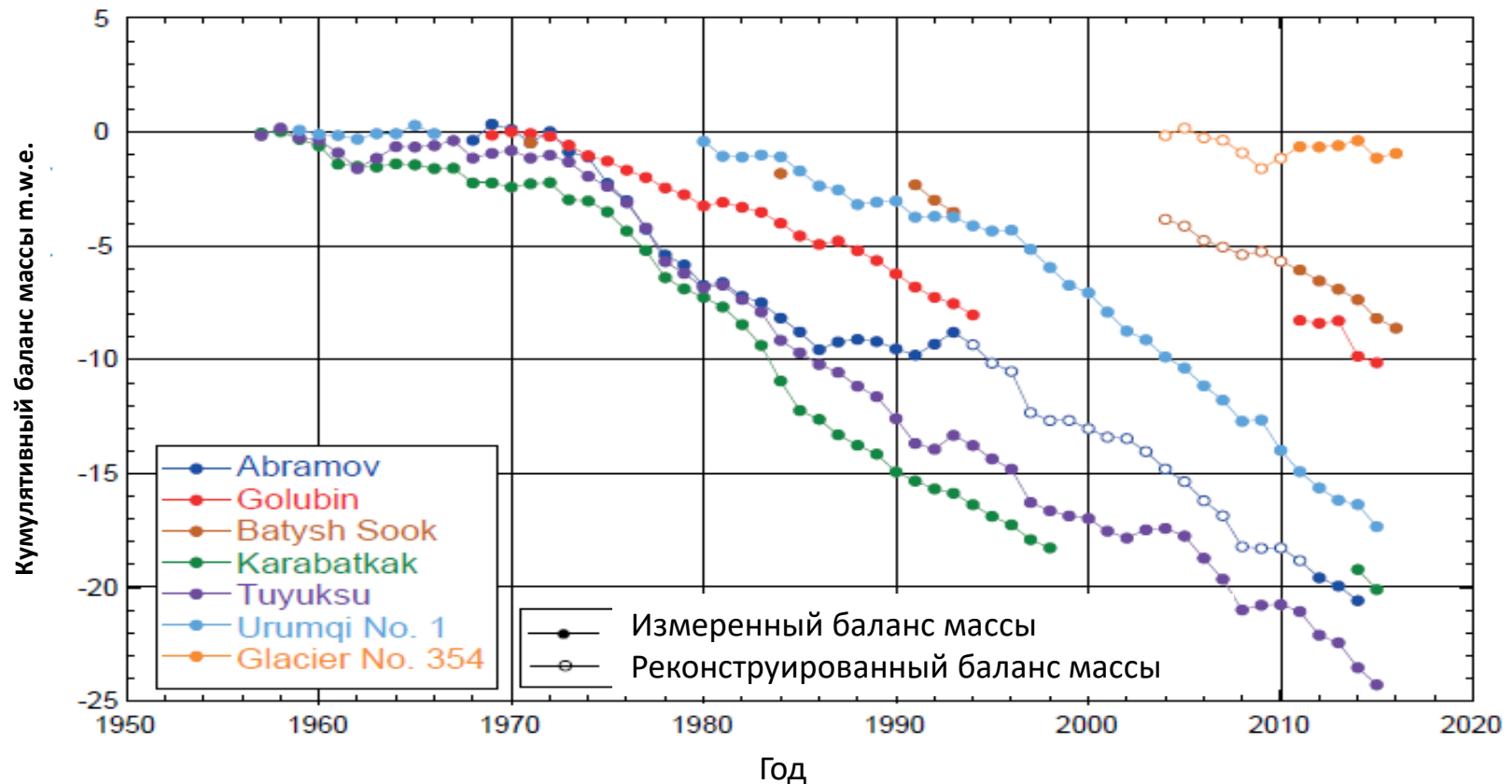
- усиливающаяся тенденция возникновения сильных засух в странах Центральной Азии;
- растущее количество разрушительных явлений «джуд» в Монголии за последние 20 лет;
- увеличение частоты наводнений, селей и лавин в странах Кавказа с 1980-х годов;

Источник: Национальные сообщения стран в РКИК ООН (НС 2015a, 2015b, НС 2016с, НС 2018)



# Баланс масс некоторых ледников горных систем Тянь-Шаня и Памира

- Масса ледников в горных системах Кавказа и Центральной Азии уменьшилась: различные оценки ледниковых потерь: от 30% потерь в горах Тянь-Шаня и Памира (Hoelzle et al 2017) до 50% в некоторых районах закавказских горных систем (NC 2015ab, 2016a);
- Скорость таяния ледников ускорилась к концу 20-го века;



Источник: Hoelzle et al 2017

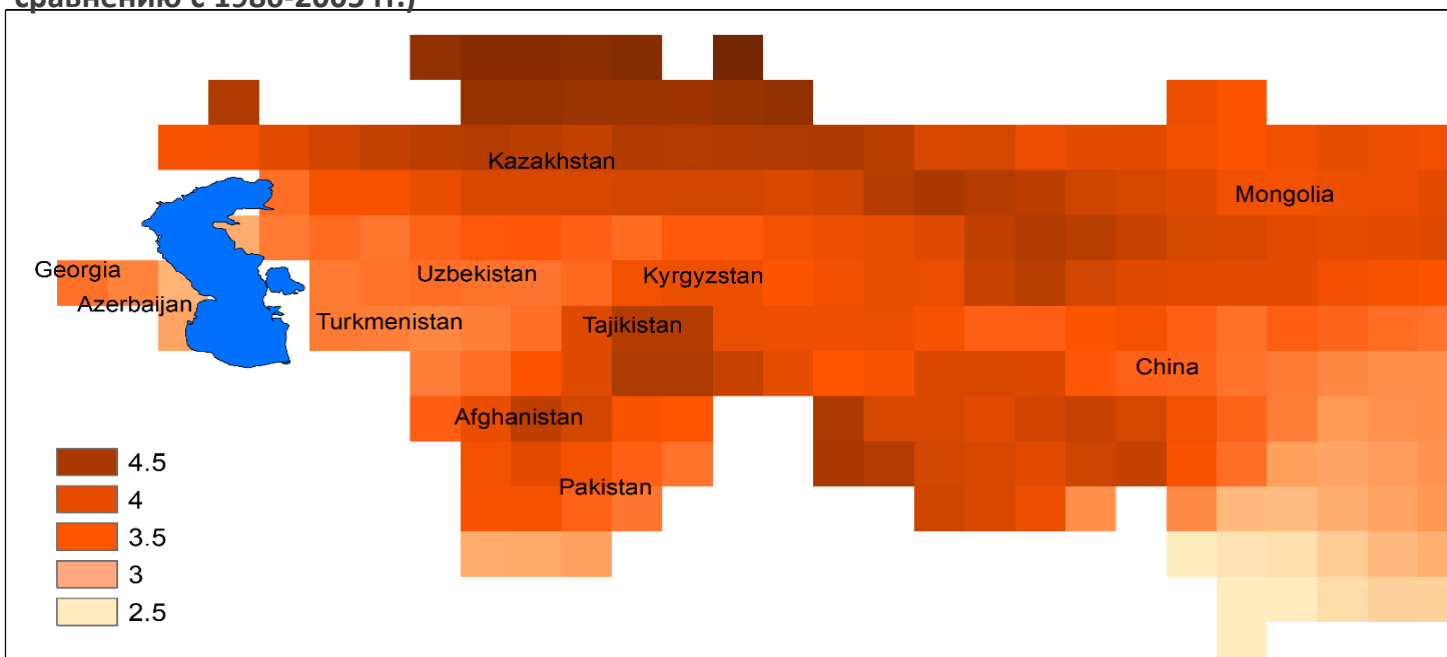


# Климатические прогнозы и воздействие на водные ресурсы и сельскохозяйственный сектор в регионе ЦАРЭС

## Рост температуры к 2060-2079 гг.

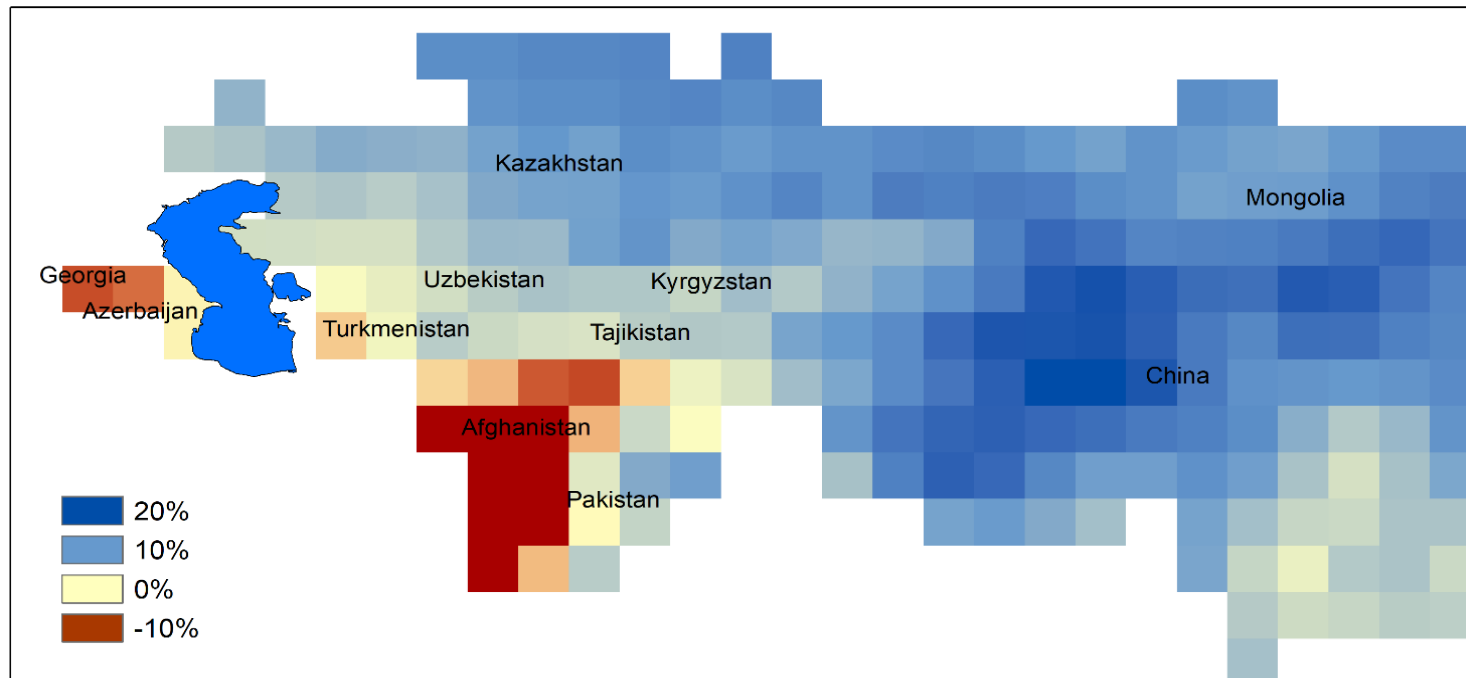
Климатические сценарии	Рост годовой температуры
умеренный (RCP4.5)	Более 2.5 C
высокий (RCP8.5)	Более 4 C

Изменение наземной температуры в странах ЦАРЭС в 2060-2079 гг. по сценарию RCP8.5 (по сравнению с 1986-2005 гг.)



Источник: на основе ансамбля проекций CMIP5 Atlas, МГЭИК 2013

## Прогнозируемое изменение среднегодового количества осадков (в мм) к 2060–2079 гг. (базовая линия 1986–2005 гг.) по сценарию RCP8.5



Источник: на основе ансамбля проекций CMIP5 Atlas, МГЭИК 2013

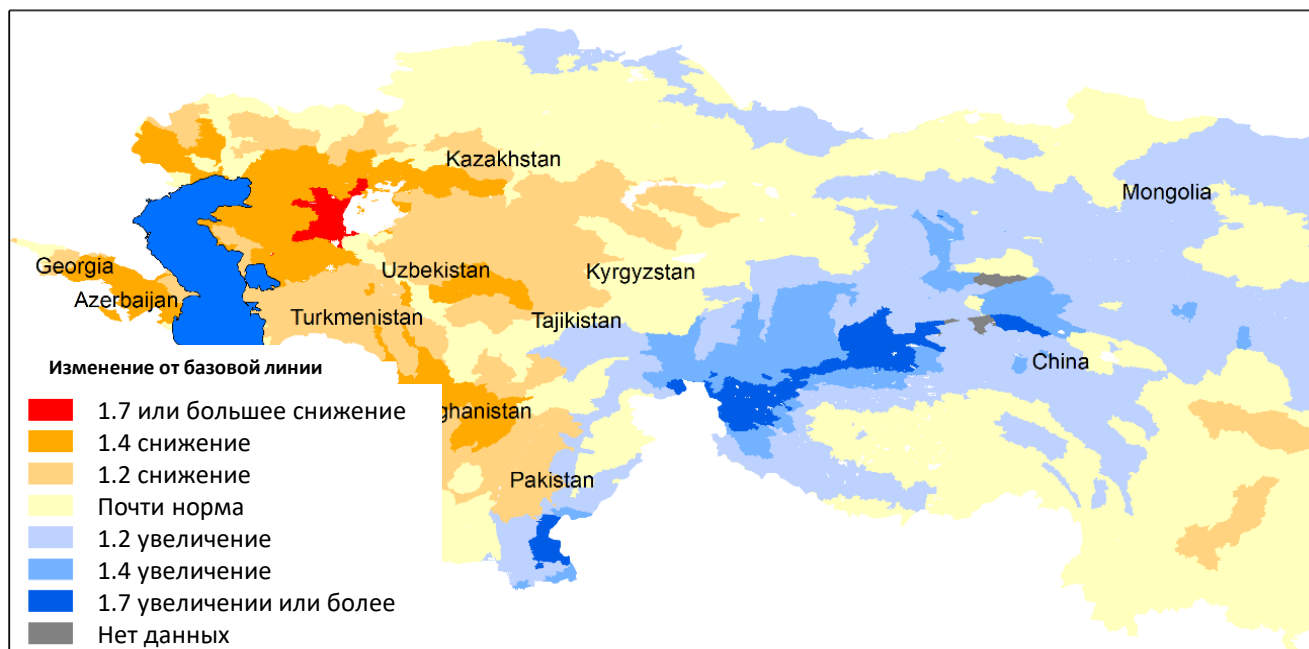
- Небольшое увеличение годовых осадков ожидается в северо-восточной части региона и уменьшение - в юго-западной части;
- Дальнейшее увеличение сезонных колебаний, например:
  - уменьшение осадков в весенне-летние месяцы с небольшим увеличением в осенние и зимние месяцы на большей части территории Афганистана и Азербайджана;
  - увеличение количества зимних осадков в Монголии, а объем летних осадков существенно не меняется;

# Воздействие изменения климата на водные ресурсы

## Изменения годового стока рек:

- Долговременное снижение среднегодового стока в реках южного региона Центральной Азии (НС, 2016);
- При сценарии с высоким изменением климата годовой сток крупных рек в Центральной Азии может уменьшиться в среднем на 25-30% (Punkari et al 2014);
- В краткосрочной перспективе может произойти небольшое увеличение стока рек из-за более интенсивного таяния ледников, хотя те же самые прогнозы показывают снижение в долгосрочной перспективе из-за исчезновения ледников (НС, 2017).

## Прогнозируемые изменения в водообеспечении к 2040 г. по сценарию RCP 8.5



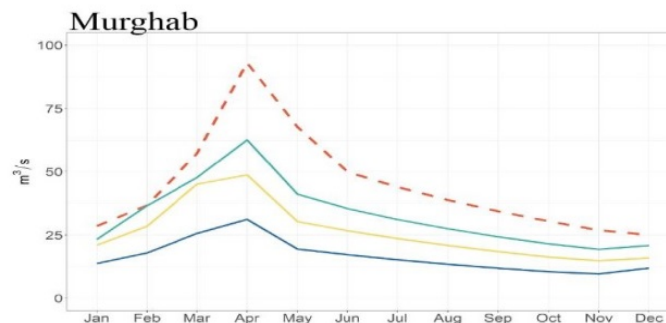
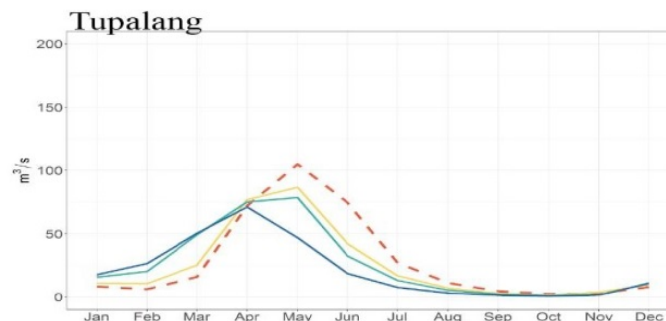
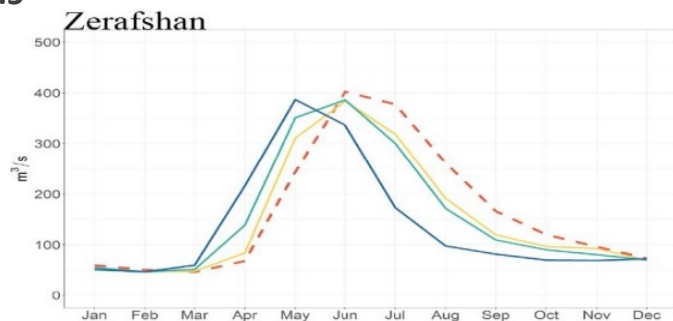
Источник: прогнозы, основанные на прогнозах CMIP5, адаптированные из WRI Aqueduct 3.0

# Воздействие изменения климата на водные ресурсы

## Прогнозируемые изменения сезонного стока:

- пиковые стоки будут сдвигаться на более ранние даты в большинстве рек региона;
- увеличение вероятности ранних весенних паводков в горных районах Кавказа и Центральной Азии, а также в равнинных речных бассейнах на севере Казахстана;
- уменьшение стока в течение лета, сопровождаемое увеличением скорости испарения;

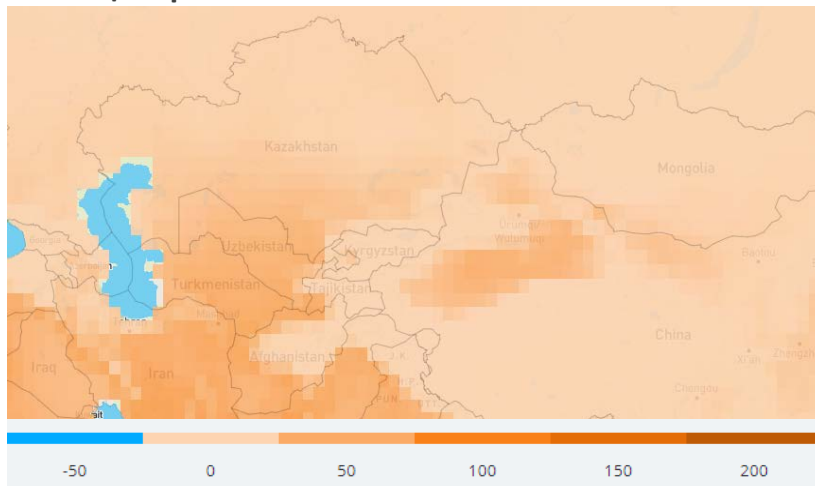
## Прогнозируемые сезонные сдвиги месячных стоков отдельных рек Центральной Азии по сценарию RCP 8.5



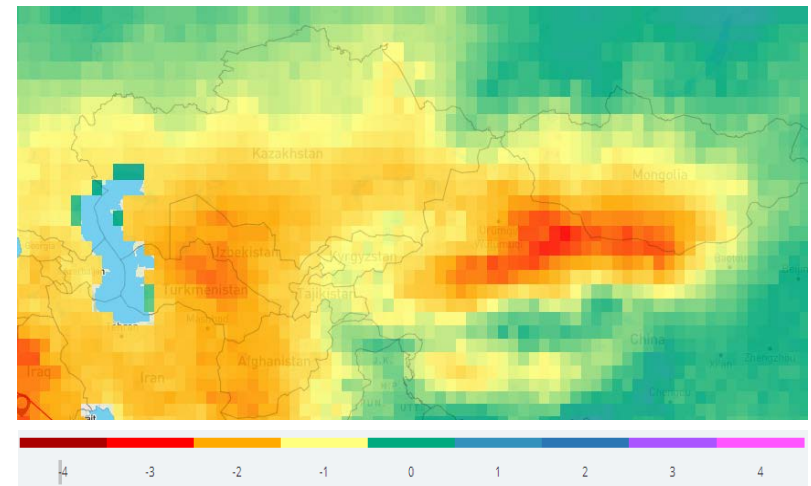
# Воздействие изменения климата на сельское хозяйство

1. Увеличение среднемесячной температуры → потенциальные выгоды:
  - ранний посев сельскохозяйственных культур;
  - удлинение вегетационного периода;
2. Увеличение среднемесячной температуры → угрозы:
  - увеличение количества дней с жаркими температурами ( $> 40^{\circ}\text{C}$ );

**Прогнозируемое увеличение количества дней с температурой выше  $40^{\circ}\text{C}$  в регионе к 2070 году по сценарию RCP8.5**



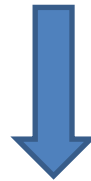
**Прогнозируемые изменения среднего индекса засушливости в регионе к 2070 году по сценарию RCP8.5**



Источник: на основе прогнозов CMIP5, полученных из WB СССР 2020

# Воздействие изменения климата на богарное земледелие

1. Увеличение среднемесячной температуры → потенциальные выгоды:
  - ранний посев сельскохозяйственных культур;
  - удлинение вегетационного периода;
2. Увеличение среднемесячной температуры → угрозы:
  - увеличение количества дней с жаркими температурами(> 40 C);



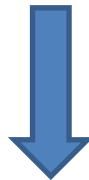
более высокая уязвимость богарного земледелия в Казахстане,  
Монголии и странах Кавказа

Прогнозируемое снижение урожайности зерна к 2050 году:

- на 15% и выше в Казахстане и Монголии (НС 2017, НС 2018 ).
- на 3-28% в странах Кавказа в условиях умеренного климатического сценария (Ahouissoussi et al 2014).

# Воздействие изменения климата на орошаемое земледелие

1. Увеличивается скорость испарения за счет роста температуры;
  - более высокий спрос на поливную воду;
2. Снижение водообеспеченности и сезонные сдвиги в речных стоках:
  - повышение вероятности нехватки воды в середине вегетационного периода;
  - более высокая вероятность гидрологических засух



более высокая подверженность и уязвимость орошаемого земледелия южных районов Центральной Азии (Афганистан, Пакистан, Туркменистан, Узбекистан, юг Казахстана):

- значительное влияние на производство орошаемых культур, за исключением озимой пшеницы (*Sutton et al 2013*)
- снижение урожайности риса на 20-30% в условиях высоких климатических изменений (*Warren 2006*)



## Воздействие изменения климата на *ЖИВОТ НОВОДСТ ВО*

1. Потенциальные выгоды для кормовых культур в предгорных и горных районах (люцерна) при достаточной влажности почвы
2. Снижение продуктивности пастбищ в Монголии, Казахстане и Кыргызстане из-за сокращения летних осадков в сочетании с более высоким испарением (НС 2016b, 2017b, 2018)
3. Более высокая вероятность учащения явлений *джуд* в Монголии → потеря домашнего скота из-за *джудов* может увеличиться на 50% (НС 2018)

# Резюме

- Наблюдаемое изменение климата в регионе ЦАРЭС
    - рост температур;
    - изменения в сезонных и географических характеристиках осадков;
    - увеличение частоты и амплитуды неблагоприятных климатических событий;
  - Долгосрочные климатические прогнозы:
    - значительный рост температур;
    - изменения в характере и объеме осадков;
  - Воздействие на водные ресурсы:
    - снижение объема доступных водных ресурсов;
    - смещение сезонных характеристик стока;
    - увеличение частоты и амплитуды неблагоприятных гидрологических явлений;
- Неблагоприятное воздействие на сельское хозяйство:
- неорошаемое земледелие;
  - орошаемое земледелие;
  - животноводство.

# Индекс климатической уязвимости

# Задачи

Для сравнения стран с точки зрения их восприимчивости к изменению климата и устойчивости к неблагоприятным воздействиям в ключевых секторах;

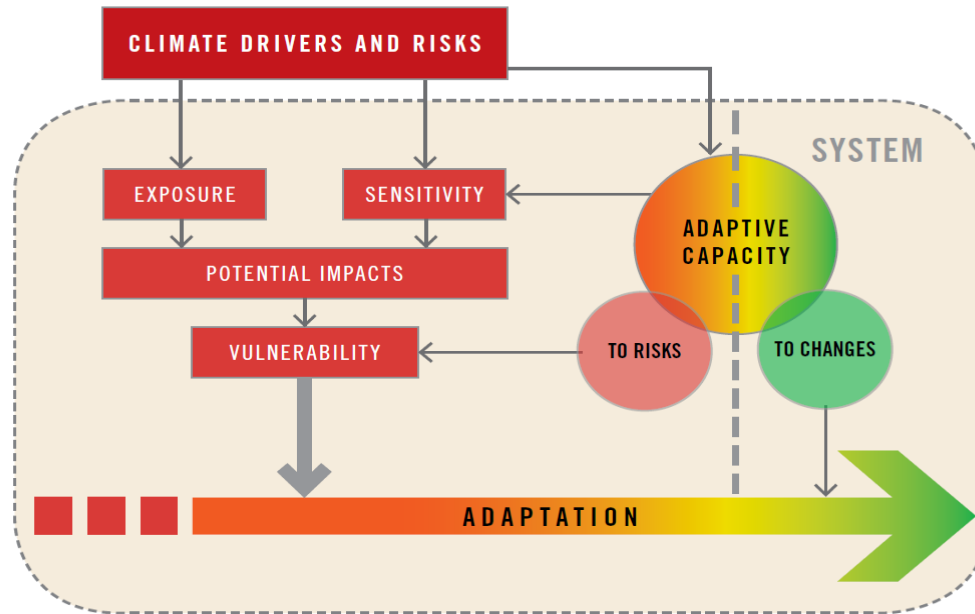
- выявить основные отраслевые факторы, влияющие на уязвимость и устойчивость к изменению климата;
- совокупная оценка адаптационного потенциала страны за определенный период времени;
- оценка относительной важности климатических и неклиматических факторов;

# Концептуальная основа

## Климатическая уязвимость:

«Степень, в которой система восприимчива или неспособна справиться с неблагоприятными последствиями изменения климата, включая изменчивость климата и экстремальные явления. Уязвимость является функцией характера, величины и скорости изменения климата, которому подвергается система, ее чувствительности и адаптационного потенциала» (МГЭИК 2001 и 2007).

# Концептуальная основа



Уязвимость = f (Восприимчивость, Чувствительность, Адаптационный потенциал)

- Восприимчивость - «характер и степень, в которой система подвержена значительным климатическим изменениям».
- Чувствительность - «степень, в которой система подвержена неблагоприятным или благоприятным климатическим раздражителям»;
- Адаптационный потенциал - «способность системы приспосабливаться к изменению климата (включая изменчивость климата и экстремальные явления), чтобы смягчить потенциальный ущерб, использовать возможности или справляться с последствиями».

# Подход

## Шаг 1:

Выбор показателей, которые формируют компоненты «Восприимчивость», «Чувствительность», «Адаптационный потенциал»

## Шаг 2:

Нормализация показателей от 0 до 1

## Шаг 3:

Расчет взвешенного среднего арифметического для каждого компонента

## Шаг 4:

Расчет индекса путем сопоставления итоговых баллов потенциальных воздействий с баллами адаптационного потенциала

$$\text{Индекс уязвимости} = (\text{Восприимчивость} * \text{Чувствительность}) / (\text{Адаптационный потенциал})$$

Измерение уязвимости долгосрочной доступности воды к  
изменению климата в странах ЦАРЭС



## Шаг 1: Установление показателей для оценки индекса уязвимости водного сектора

Потенциальные воздействия		Адаптационный потенциал
Восприимчивость	Чувствительность	
<u>Прогнозируемое изменение доступности водных ресурсов к 2040 г. в соответствии с RCP 4.5</u>	<u>Соотношение водозабора и доступности</u>  <u>Потребление воды на единицу ВВП</u>  <u>Коэффициент зависимости от водных ресурсов</u>	<u>Емкость инфраструктуры- Индекс водоаккумулирующей способности</u>  <u>Институциональный и человеческий потенциал - Эффективность правительства</u>  <u>Экономический потенциал - ВНД на душу населения</u>

## Шаг 2: Нормализация

Прогнозируемое изменение доступности водных ресурсов к 2040 г. в соответствии с RCP 4.5	значения по умолчанию									
Соотношение водозабора и доступности	значения по умолчанию									
Потребление воды на единицу ВВП	100 и менее	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 и более
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Коэффициент зависимости от водных ресурсов	значения по умолчанию									
Индекс водоаккумулирующей способности	значения по умолчанию									
Эффективность правительства	-1.5 и менее	-1.5 до -0.9	-0.9 до -0.4	-0.4 до -0.1	-0.1 до 0.1	0.1 до 0.4	0.4 до 0.9	0.9 до 1.5	1.5 до 2	2 до 2.5
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ВНД на душу населения	Менее 1025\$	1025-2500	2500-4000	4000-5500	5500-7000	7000-8500	8500-9000	9000-10500	10500-12000	> 12,375\$)
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

## Шаг 3: Присвоение относительного веса каждому показателю

Показатель	Вес
<b>ВОСПРИИМЧИВОСТЬ</b>	
Прогнозируемое изменение доступности водных ресурсов к 2040 г. в соответствии с RCP 4.5	1
<b>ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ</b>	
Соотношение водозабора и доступности	0.5
Потребление воды на единицу ВВП	0.3
Коэффициент зависимости от водных ресурсов	0.2
<b>АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ</b>	
Индекс водоаккумулирующей способности	0.2
Эффективность правительства	0.4
ВНД на душу населения	0.4

## Расчет индекса климатической уязвимости в водном секторе для стран ЦАРЭС

Страна	Баллы			
	Восприимчиво сть	Чувствительно сть	Адаптационны й потенциал	Индекс
Афганистан	1.20	0.48	0.1	4.1
Азербайджан	1.20	0.87	0.3	3.7
Китай	1.20	0.90	0.3	3.5
Грузия	1.00	0.72	0.3	2.7
Казахстан	1.40	0.40	0.6	1.0
Кыргызстан	1.00	0.31	0.4	0.9
Монголия	1.00	0.22	0.5	0.5
Пакистан	1.00	0.21	0.8	0.3
Таджикистан	1.00	0.14	0.8	0.2
Туркменистан	1.40	0.06	0.8	0.1
Узбекистан	0.83	0.04	0.4	0.1

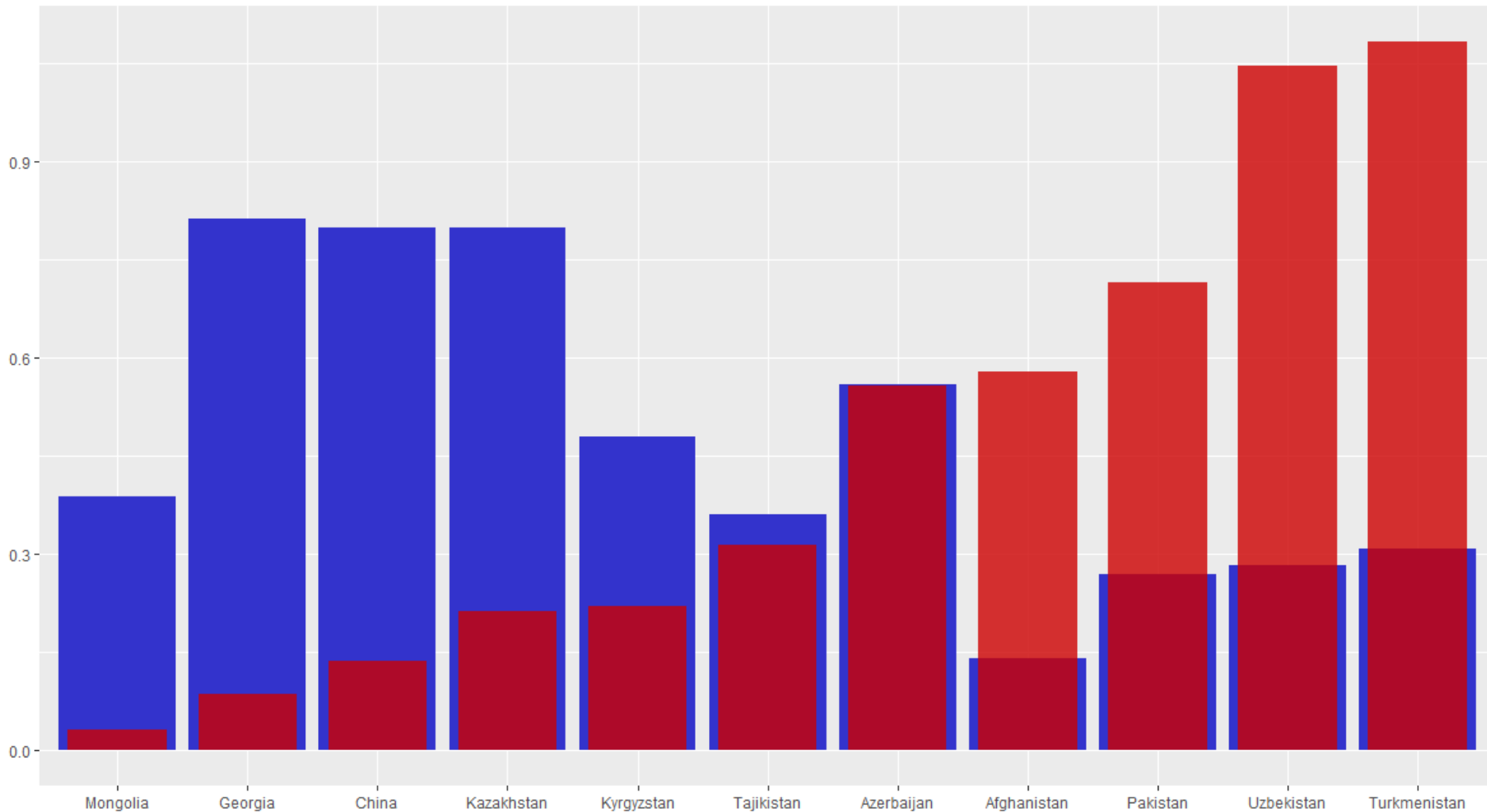
Высокий риск

Умеренный  
риск

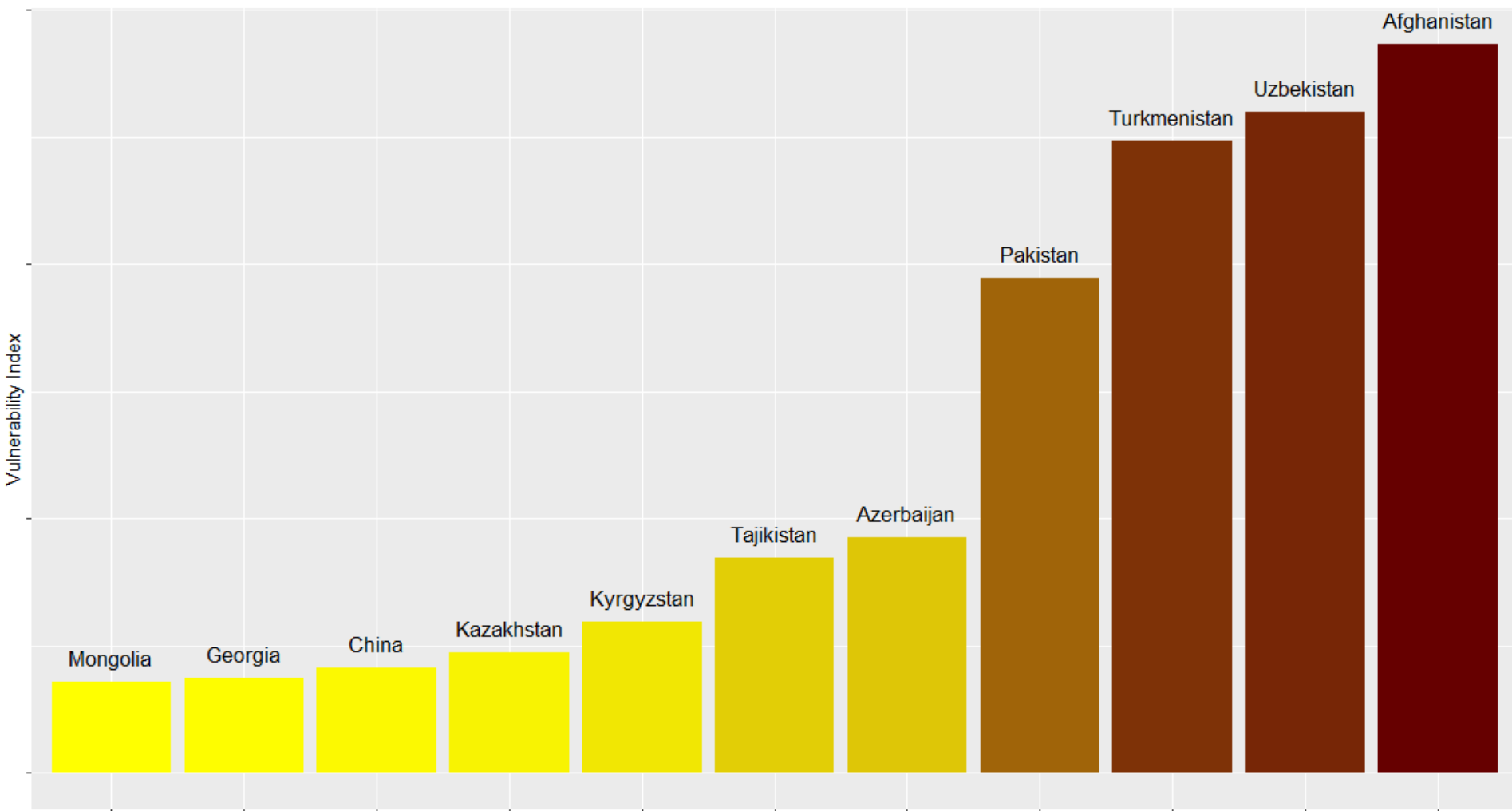
Низкий риск

# Потенциальное воздействие на доступность водных ресурсов и адаптационный потенциал стран региона ЦАРЭС к

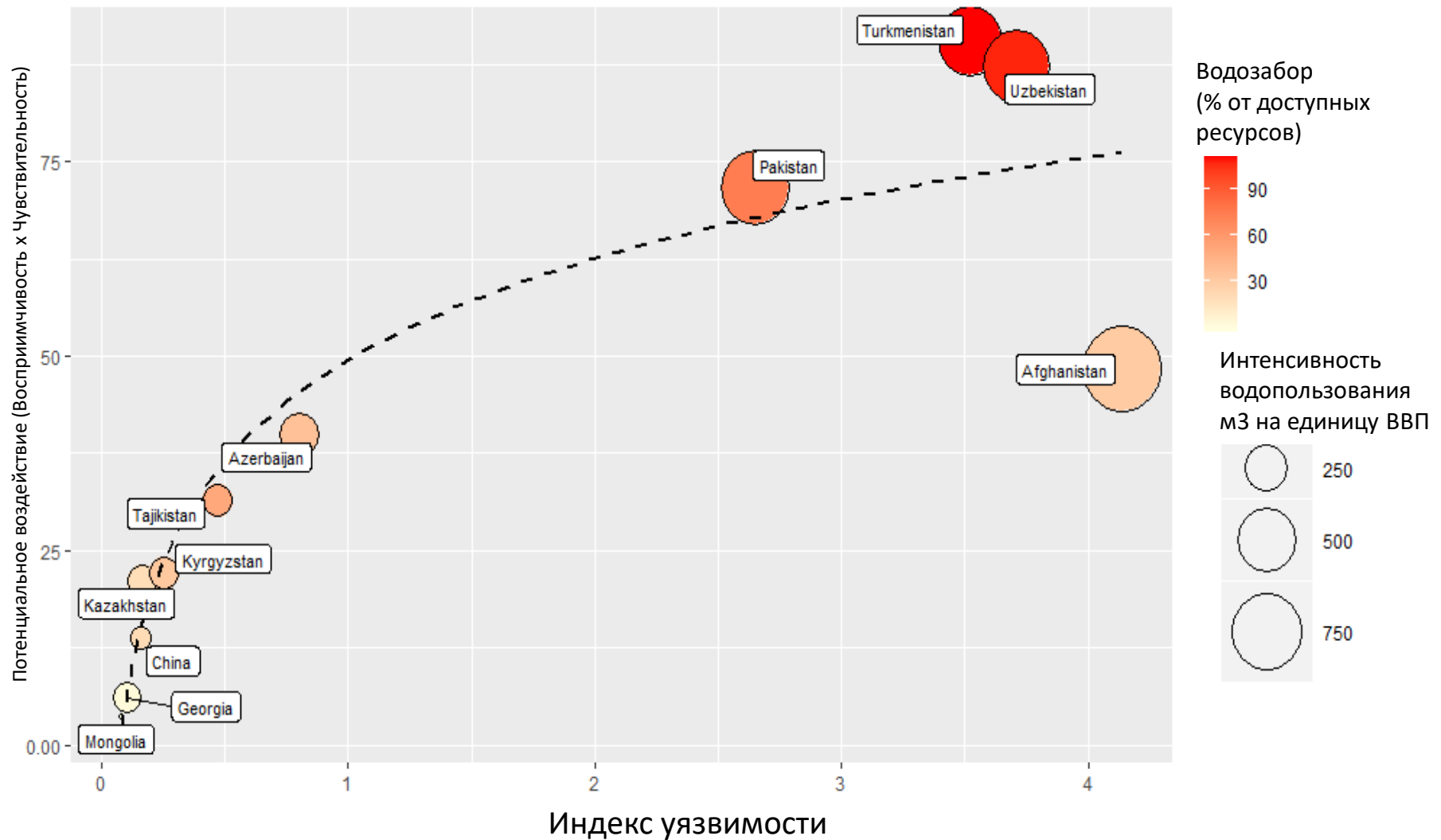
изменениям климата в соответствии с оценкой 2014 года



## Ранжирование индекса уязвимости стран ЦАРЭС



# Водозабор и эффективность водопользования в странах ЦАРЭС



## Сильные стороны

- надежный и простой вариант для совокупной оценки отраслевой уязвимости;
- позволяет проводить непрерывную оценку эффективности;

## Ограничения

- не учитывает пространственную неоднородность уязвимости внутри страны;
- преимущественно экономически ориентированный, не охватывает социальные и экологические аспекты;



## Путь вперед

- Пространственная дезагрегация уязвимости на уровне провинции/ бассейна;
- Тестирование аналогичного подхода в секторах сельского хозяйства и энергетики;
- Включение регионального сотрудничества;

# Спасибо за внимание

Atabek Umirbekov

[umirbekov@iamo.de](mailto:umirbekov@iamo.de)

Leibniz Institute for Agricultural Development in Transformation Economies (IAMO)  
Land systems group, Department of Structural Change

Theodor-Lieser-Straße 2  
06120 Halle (Saale)  
Germany

## Литература:

- Ahouissoussi, N., Neumann, J. E., & Srivastava, J. P. (2014). Building Resilience to Climate Change in South Caucasus Agriculture. In Building Resilience to Climate Change in South Caucasus Agriculture.
- CCKP, 2019: Climate Change Knowledge Portal. Accessible on <http://climateknowledgeportal.worldbank.org>
- CMIP5 - The Coupled Model Intercomparison Project, v. 5: Taylor, K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, 2012: An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. B Am Meteorol Soc, 93, 485-498. 10.1175/bams-d-11-00094.1. CCKP data products: prepared and processed by National Center for Atmospheric Research - Research Applications Laboratory (NCAR-RAL).
- Didovets I., Lobanova A., Krysanova V., Menz C., Babagalieva Z., Nurbatsina A., Gavrilenko N., Khamidov V., Umirbekov A., Jumakuliev D. and Hattermann F. F. (2020) Changes in water availability under climate warming in eight river catchments of Central Asian region. Manuscript submitted for publication.
- EM-DAT, 2019: The Emergency Events Database - Universite catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - [www.emdat.be](http://www.emdat.be), Brussels, Belgium
- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. and Lister, D.H. (2014), Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. International Journal of Climatology 34, 623-642
- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific Data, 7(1), 1–18. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
- Hattermann F., Pilz T., Umirbekov A., Lobanova A., Didovets I., Hofmann P. (2019). Large scale climate change impacts on water resources and seasonal discharge in Central Asia. Manuscript submitted for publication.
- Hattermann, F., Pilz, T., Umirbekov, A., Lobanova, A., Didovets, I., & Hofmann, P. (2020). Large scale climate change impacts on water resources and seasonal discharge in Central Asia. Manuscript Submitted for Publication.
- Hoelzle, M., Azisov, E., Barandun, M., Huss, M., Farinotti, D., Gafurov, A., ... Zemp, M. (2017). Re-establishing a monitoring programme for glaciers in Kyrgyzstan and Uzbekistan, Central Asia. Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, 6, 397–418.
- IRI/LDEO 2019: Climate Data Library, Accessed on <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>

- NC (2015b). Third National Communication of the Republic of Turkmenistan to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Ashgabat, Turkmenistan
- NC (2016a). Third National Communication of the Kyrgyz Republic to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Bishkek, Kyrgyzstan.
- NC (2016b). Third National Communication of the Republic of Azerbaijan to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Baku, Azerbaijan.
- NC (2016c). Third National Communication of the Republic of Uzbekistan to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Tashkent, Uzbekistan.
- NC (2017a). Second National Communication of the Islamic Republic of Afghanistan to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Kabul, Afghanistan
- NC (2017b). Seventh National Communication and third Biennial report of the Republic of Kazakhstan to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Astana, Kazakhstan
- NC (2018a). Third National Communication of Mongolia to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Ulaanbaatar, Mongolia.
- NC (2018b). Third National Communication of the People's Republic China to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Beijing, China.
- NC 2016, 2016b, 2017, 2017b, 2018: National communications of CAREC countries to UNFCCC
- Punkari, M., Droogers, P., Immerzeel, W., Korhonen, N., Lutz, A., & Venäläinen, A. (2014). Climate Change and Sustainable Water Management in Central Asia. ADB Central and West Asia Working Papers, (5).
- Sutton, William R., Jitendra P. Srivastava, and James E. Neumann. (2013) Looking Beyond the Horizon: How Climate Change Impacts and Adaptation Responses Will Reshape Agriculture in Eastern Europe and Central Asia. Directions in Development. Washington, DC: World Bank
- WRI Aqueduct 3.0: Luck, M., M. Landis, F. Gassert. (2015) Aqueduct Water Stress Projections: Decadal projections of water supply and demand using CMIP5 GCMs. Washington, DC: World Resources Institute.

Приложение - описание показателей, используемых для  
составления индекса уязвимости водных ресурсов

## Показатели восприимчивости

### **Прогнозируемое изменение доступности водных ресурсов к 2040 г. в соответствии с RCP 4.5**

Этот показатель измеряет наличие в будущем ежегодных возобновляемых водных ресурсов в стране и в основном состоит из прогнозов изменений годового стока речных бассейнов.

Источник данных: Прогнозы CMIP5, полученные из базы данных Aqueduct 3.0, основанной на Luck et al (2015)



## Показатели чувствительности

### **Соотношение водозабора и доступности**

(водозабор пресной воды от общего объема возобновляемых водных ресурсов в %)

Доля общих используемых водных ресурсов представляет собой общий объем подземных и поверхностных вод, забранных из их источников для использования человеком (в сельскохозяйственном, бытовом/ муниципальном и промышленном секторах), выраженный в процентах от общего фактического объема возобновляемых водных ресурсов.

Источник данных: FAO AQUASTAT



## Показатели чувствительности

### ***Потребление воды на единицу ВВП***

(общий объем забора пресной воды/ ВВП в постоянных ценах 2010 г., долл. США)

Водный след в данном обзоре означает экономическую продуктивность воды, рассчитанную как объем воды, используемый для производства товаров и услуг в странах региона ЦАРЭС. Этот показатель служит косвенным показателем зависимости национальной экономики от водных ресурсов.

С другой стороны, показатель можно рассматривать как оценку эффективности водопользования в национальном масштабе, что также позволяет отслеживать эффективность стран в повышении их устойчивости к дефициту воды в будущем.

Единицы измерения: м<sup>3</sup> забираемой воды на 1000 долларов ВВП

Источник данных: FAO AQUASTAT





# Показатели чувствительности

## **Коэффициент зависимости от водных ресурсов**

Показатель зависимости от водных ресурсов отражает долю общих возобновляемых водных ресурсов, которые берут начало за пределами страны. Основанием для включения этого показателя является тот факт, что значительная доля доступных возобновляемых водных ресурсов в большей части региона ЦАРЭС носит трансграничный характер.

Источник данных: FAO AQUASTAT



# Адаптационный потенциал - физическая инфраструктура

## **Водоаккумулирующая способность**

Общая вместимость водохранилищ страны по отношению к общему годовому водозабору пресной воды

Единицы измерения : %

Источник данных : FAO AQUASTAT



# Адаптационный потенциал - институциональный контекст

## **Эффективность правительства**

отражает способность государств предоставлять качественные государственные услуги, поддерживать качественную государственную службу, разрабатывать и реализовывать разумную политику, а также уверенность в приверженности правительства таким политикам.

Источник данных: Всемирный банк



# Адаптационный потенциал - экономическое развитие

## **ВНД на душу населения**

(метод Атлас в текущих долларах США)

Все согласны с тем, что развивающиеся страны более уязвимы к негативным последствиям изменения климата по сравнению с развитыми странами, и что уязвимость связана с уровнем экономического процветания страны.

Источник данных: Всемирный банк

