



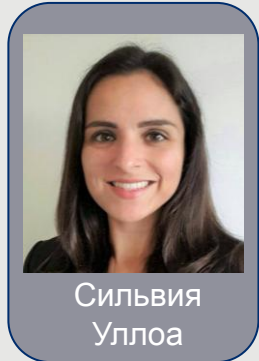
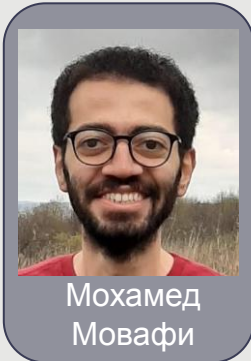
Учебный курс по инструментам ИУВР с применением моделирования

Тренинг для преподавателей - тренеров

Модуль 3. Продолжение. Результаты моделирования в WEAP и LEAP Стокгольмского института окружающей среды (SEI) для Сырдарьинского бассейна.



Команда SEI



Обзор WEAP для бассейна реки Сырдарья



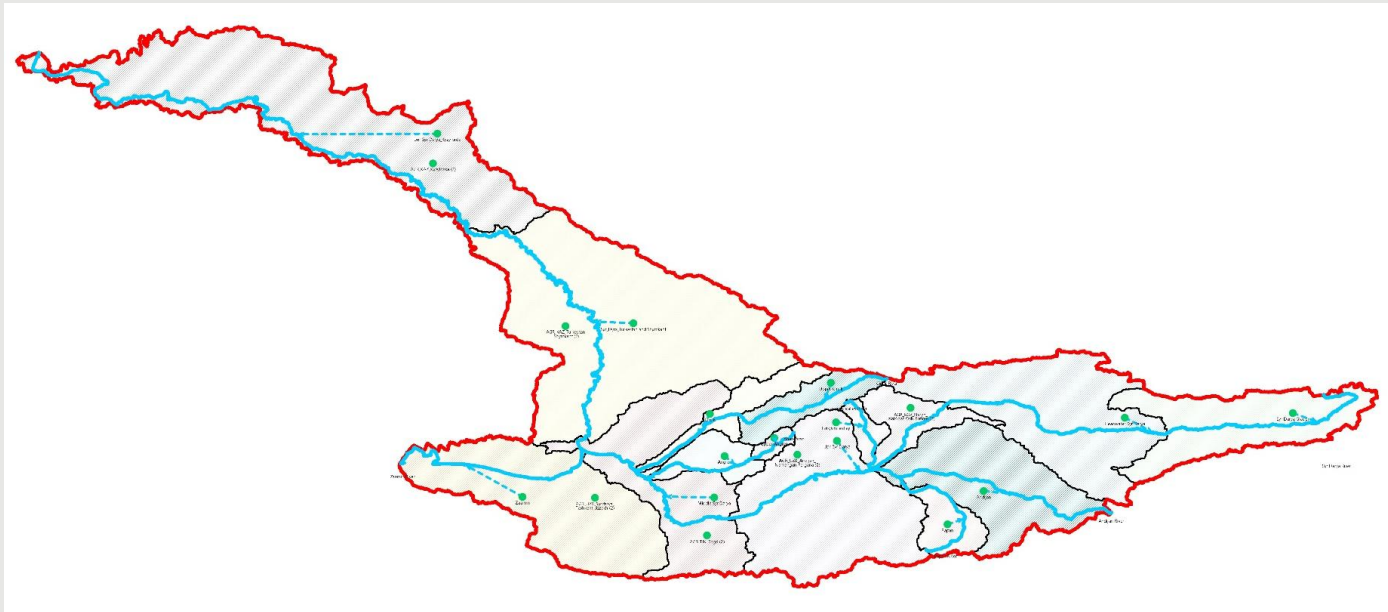
- *Используемые данные*
- *Калибровка модели для бассейна реки Сырдарья. Гидрологическая калибровка. Калибровка ледников, водохранилищ, гидроэлектростанций*
- *Пространственная разбивка бассейна. Разбивка на секторы и приоритеты.*
- *Водопользование и потребности в водных ресурсах в различных секторах.*
- *Климатические прогнозы CMIP 5 RCP 4.5 и RCP 8.5. Сценарии изменения спроса и потребности в воде, изменения в притоке воды в водохранилища и в гидроэнергетике.*
- *Эксплуатация водохранилищ*



WEAR: Используемые данные

Создание проекта и разбивка на подбассейны.

- Для создания проекта и разбивки бассейна на подбассейны (суббассейны) и 1000-метровые диапазоны высот использована Цифровая Модель Рельефа (ЦРМ) HydroSHEDS (с пространственным разрешением 500 м).
- Принималось во внимание расположение ключевых объектов инфраструктуры и притоков. В итоге бассейн реки Сырдарья разделили на 14 суббассейнов



Категории землепользования

созданы с использованием набора данных о почвенно-растительном покрове Европейского космического агентства.

Земельный покров сгруппирован на:

- Сельское хозяйство
- Лес
- Пастбище
- Город
- Кустарниковая зона
- Бесплодная или скудная растительность
- Открытая водная поверхность
- Ирригационное сельское хозяйство

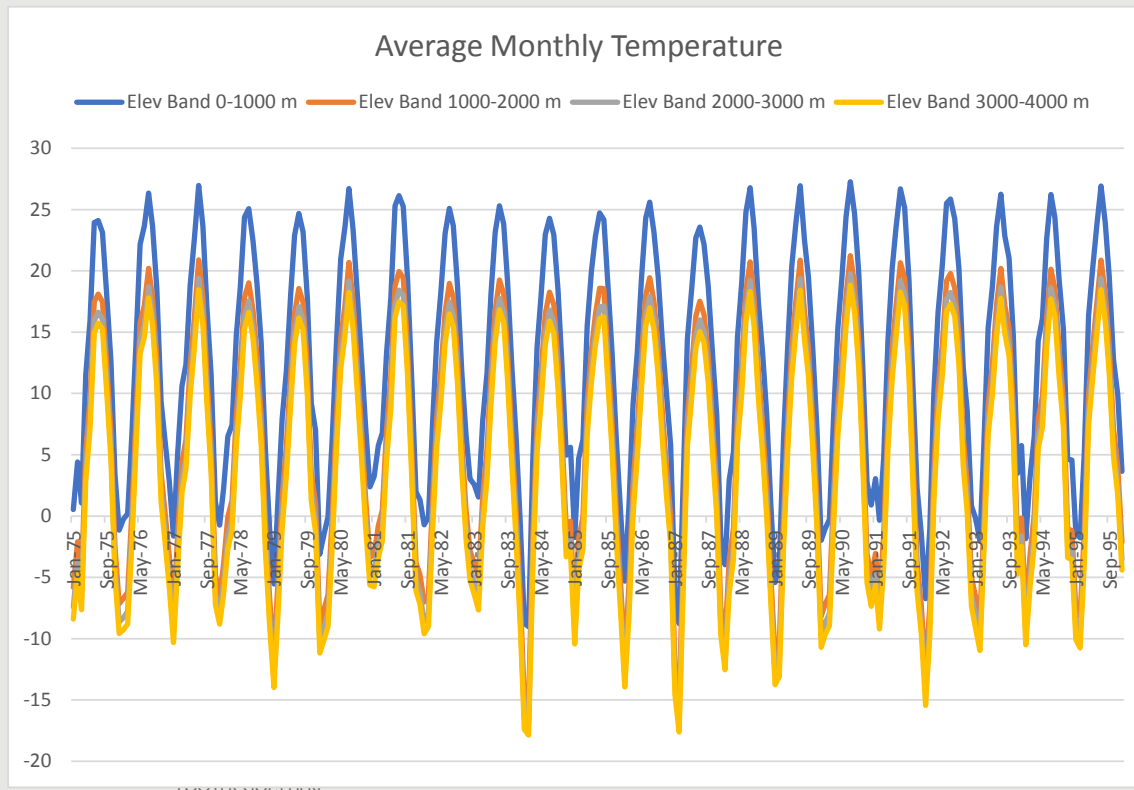
The screenshot shows a software interface with a tree view on the left and a data table on the right. The tree view is titled "Demand Sites and Catchments" and lists categories for "Andijan" and "Angren". Under "Angren", there are two elevation-based categories: "Elevation 0 to 1000 m" (highlighted in blue) and "Elevation 1000 to 2000 m". Each elevation category lists various land use types: Agriculture, Forest, Grassland, Urban, Shrubland, Barren or Sparse Vegetation, Open Water, and Irrigated Agriculture.

The data table on the right has tabs for "Land Use", "Climate", "Flooding", "Yield", and "Water". The "Land Use" tab is active, showing a table with columns for "Area", "Kc", "Soil Water Capacity", "Runoff Resistance Factor", and "Preferred Flow Direction". The table contains data for "Demand Sites and Catchment" (1975) and "Angren" (N/A). The "Elevation 0 to 1000 m" category is also listed with a value of N/A. The "Agriculture" category has a value of 23727 ha, "Forest" has 130 ha, "Grassland" has 35989 ha, "Urban" has 12052 ha, "Shrubland" has 520 ha, "Barren or Sparse Vegetation" has 8428 ha, "Open Water" has 1121 ha, and "Irrigated Agriculture" has 218925 ha.

Demand Sites and Catchment	1975	Scale	Unit
Angren			N/A
Elevation 0 to 1000 m			N/A
Agriculture	23727		ha
Forest	130		ha
Grassland	35989		ha
Urban	12052		ha
Shrubland	520		ha
Barren or Sparse Vegetation	8428		ha
Open Water	1121		ha
Irrigated Agriculture	218925		ha

Исторические климатические данные

- Исторические климатические данные **(1948-2010)** получены из глобального набора данных высокого разрешения Принстонской исследовательской группы наземной гидрологии.
- Объекты водосбора дезагрегируются по высотным диапазонам в 1000 метров для учета изменений температуры и осадков



Современное состояние ледников

- Randolph Glacier Inventory 6.0 (2017) (глобальный реестр ледников) используется для того, чтобы задать начальные условия для ледников.
- Протяженность ледников, полученная на основе данных о снеге и льде в наборе данных о почвенно-растительном покрове ЕКА (Европейского космического агентства).

Land Use | Climate | **Glacier** | Flooding | Yield | Water Quality

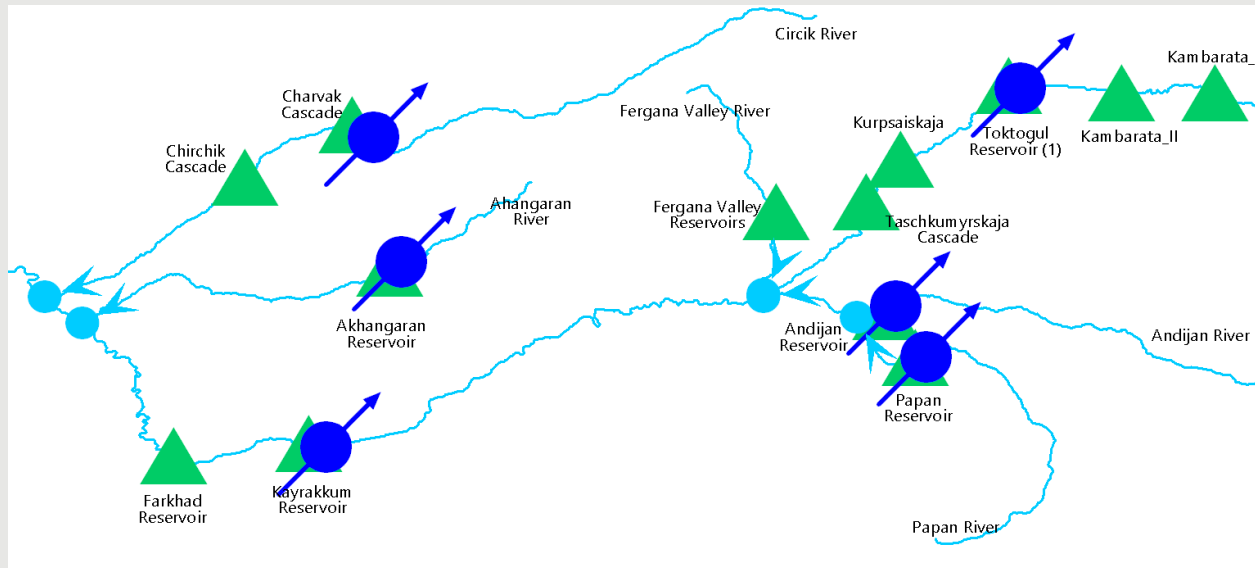
Initial Ice Depth | **Ice Melting Point** | Radiation Coefficient | Groundwater Infiltration | Scaling Factor b | Scaling Factor c

Temperature at which ice begins to melt. Each branch within a catchment can have different climate data. To change
Range: -10 to 10 C Default: 1 C

Elevation 4000 to 5000 m	2020	Scale	Unit
Agriculture	1		C
Forest	1		C
Grassland	1		C
Shrubland	1		C
Barren or Sparse Vegetation	1		C
Snow and Ice	Other\Snow and Glaciers\Tf[C]		C

Гидрологические данные о естественном стоке

- Для калибровки гидрологии использованы данные областей минимально подверженных влиянию водопользования
- Источники данных:
 - ЦА данные о притоке воды в водохранилище (1980-1995)
 - Глобальный центр данных о стоке (GRDC)



Водопользование: основные источники данных

– Национальные статистические агентства:

- Исторические данные о населении, ВВП, добавленной стоимости, валовом региональном продукте, сельскохозяйственных землях по культурам и провинциям
- Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики (2021); Национальный статистический комитет Кыргызской Республики (2021); Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан (2021); Государственный статистический комитет Республики Узбекистан (2022)

– CAWater-info.net

- Исторические (1980-1995) ежемесячные водозаборы по секторам и провинциям
- Исторический валовой региональный продукт по видам экономической деятельности
- Исторические сельскохозяйственные земли по культурам и провинциям

– Демографические и макроэкономические факторы:

- *Население*: ООН "Перспективы мирового населения" (2019)
- *Исторический ВВП*: Всемирный банк ВВП Текущий доллар США (2020)
- *Прогнозы ВВП*: Перспективы развития мировой экономики МВФ (2021)

– Интенсивность использования воды и доли потребления

- *Внутри страны*: ОЭСР. 2020. *Обзор использования и управления водными ресурсами в Центральной Азии: Документ для обсуждения.*
- Хунинк, Ж. Е., А. Лутц и П. Другерс. 2014. Региональная оценка рисков для доступности воды и связанных с водой воздействий энергетического сектора в Центральной Азии. Отчет FutureWater: 196.
- Аквастат (2022),

Водопользование: основные источники данных

- **Сельское хозяйство**
 - Убранные площади по культурам: ФАОСТАТ (2022)
 - Коэффициенты и календари урожая:
 - Аллен, Ричард Г., Луис С. Перейра, Дирк Раес и Мартин Смит. 1998. Эвапотранспирация сельскохозяйственных культур - Руководство по расчету потребностей сельскохозяйственных культур в воде - Документ ФАО по ирригации и дренажу 56. Рим, Италия: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
 - Лю, Шуанг, Гепинг Луо и Хао Ванг. 2020. "Временные и пространственные изменения в эффективности использования воды сельскохозяйственными культурами в Центральной Азии с 1960 по 2016 год". Sustainability 12(2):572.
 - ФАО. 2022. "GIEWS - Глобальная система информации и раннего предупреждения - Краткие обзоры по странам".
 - ФАО. 2022. "AQUASTAT - База данных календарей орошаемых культур".
 - Эффективность орошения: Духовный и Шуттер (2011). *Вода в Центральной Азии*
 - Нормы водопотребления сельскохозяйственных культур (*м³/га*): Духовный и Шуттер (2011). *Вода в Центральной Азии*



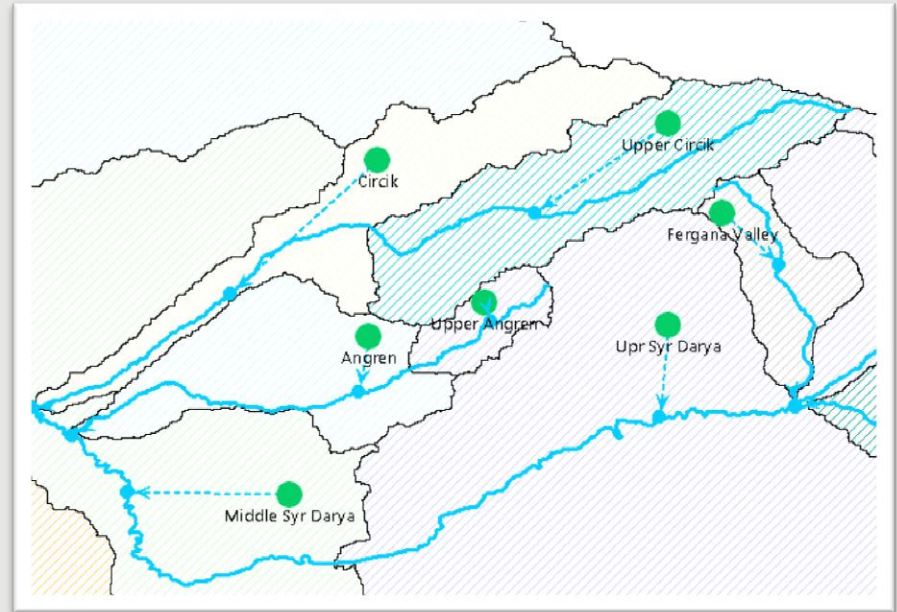
WEAP: Калибровка модели для бассейна реки Сырдарья

—

Подход к гидрологическому моделированию

Объекты водосбора в модели WEAP (зеленые кружки) предоставляют различные варианты расчета дождевого стока. Для Сырдарьи использовались:

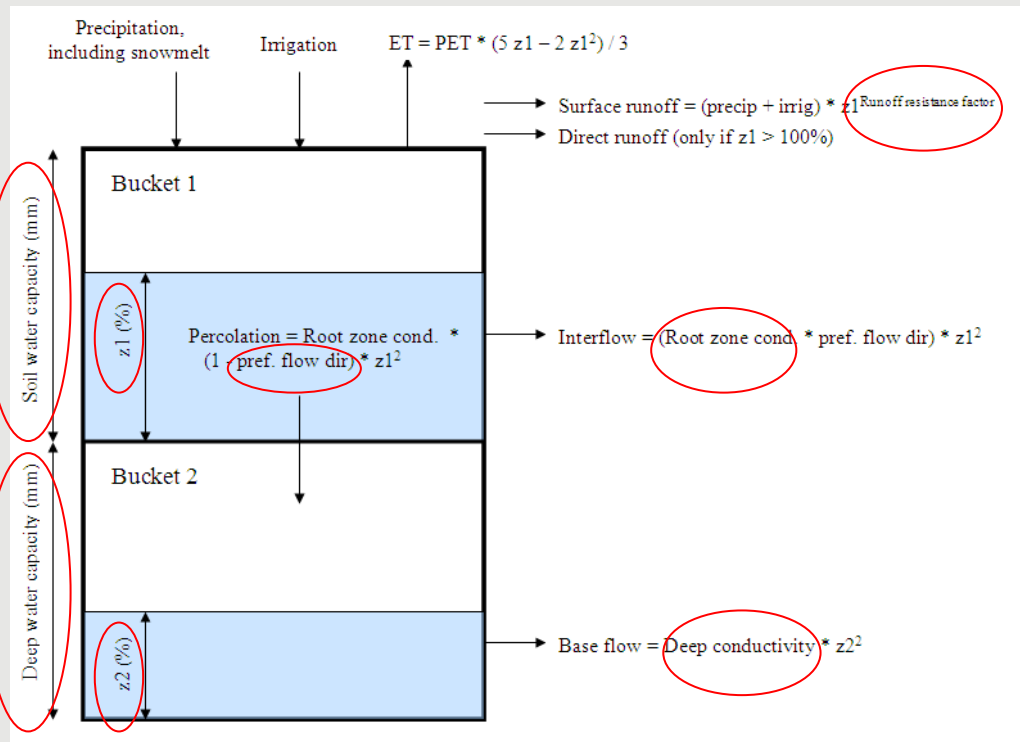
- **Модуль ледников** - отслеживает накопление и таяние льда на поверхности суши
- **Метод влажности почвы** - отслеживает все компоненты водного потока в водоразделе:
 - Осадки,
 - Эвапотранспирация,
 - Поверхностный сток,
 - Инфильтрация,
 - Промежуточный приток
 - Подпитка подземных вод,
 - Базовый поток,
 - Запасы воды в почве



Гидрология в WEAP

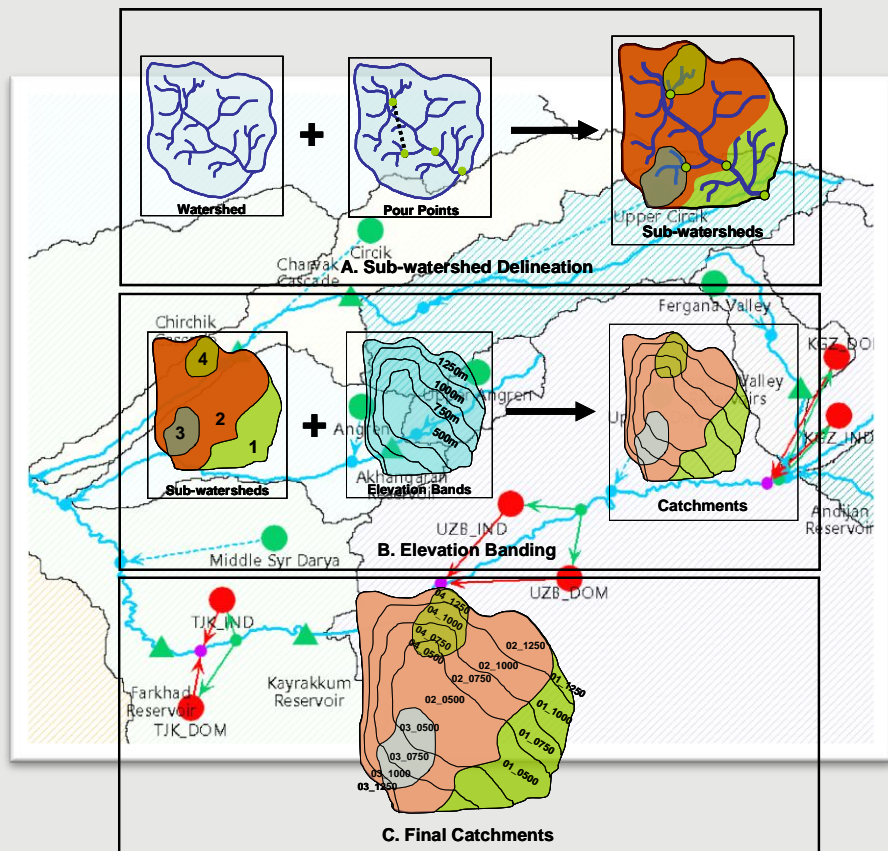
Модель осдков-стока

- Сгруппированный параметр
- Полураспределенный
- Определение водосборного бассейна
- Климатический фактор



Подход к гидрологическому моделированию

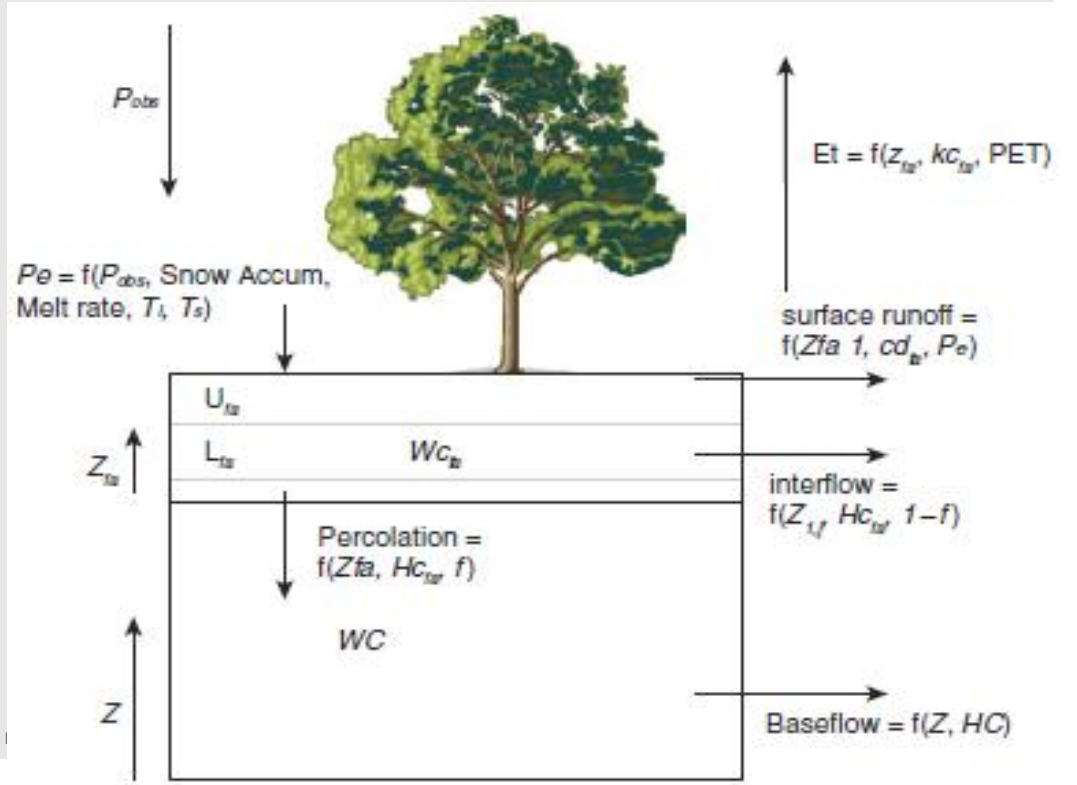
- Бассейн пространственно разделен на суббассейны на основе расположения основной инфраструктуры:
 - Дамбы
 - Притоки
 - Заборы поверхностных вод
- Высота над уровнем моря и землепользование



WEAP Гидрология - Метод влажности почвы

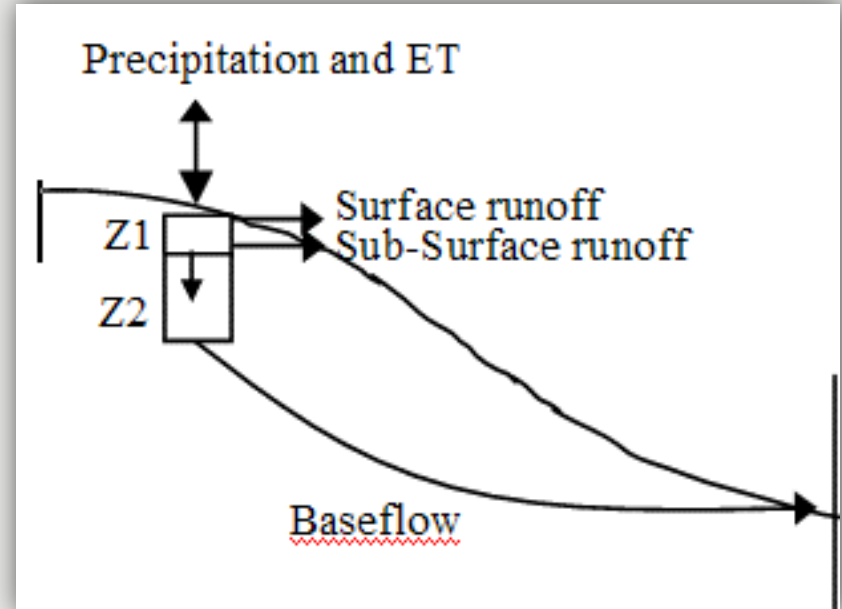
- Одномерное уравнение рассчитывает водный баланс для поверхностного почвенного профиля ($z1$) и глубокого почвенного профиля ($z2$)
- Рассматривает влияние водоудерживающей способности почвы на сток, ЭТ, промежуточный сток, перколяцию и базовый сток
- Каждый водосбор может быть подразделен на основе землепользования, типа почвы, топографии и т.д.
 - Автоматическое разграничение водосбора разделяет водосборы на основе землепользования и высоты над уровнем моря

$$Rd_j \frac{dz_{1,j}}{dt} = P_e(t) - PET(t)k_{c,j}(t)\left(\frac{5z_{1,j} - 2z_{1,j}^2}{3}\right) - P_e(t)z_{1,j}^{RRF_j} - f_j k_{s,j} z_{1,j}^2 - (1 - f_j) k_{s,j} z_{1,j}^2$$



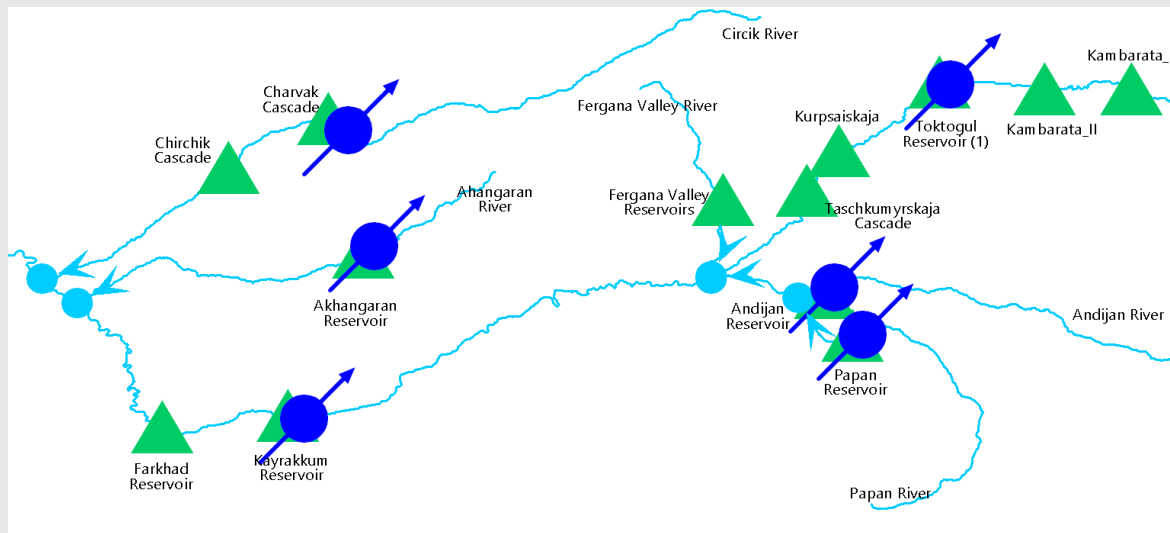
Подземные воды

- Глубокий почвенный профиль в Методе влажности почвы представляет собой хранилище грунтовых вод
- Потoki из глубокого почвенного профиля в реки представляют собой базовый сток



Гидрологическая калибровка

- Калибровка гидрологии сосредоточена на областях, минимально подверженных влиянию водопользования
- Источники данных:
 - ЦА данные о притоке воды в водохранилище (1980-1995)
 - Глобальный центр данных о стоке (GRDC)



Гидрологическая калибровка

Приток в Токтогул

NSE = 0.62
(Ideal = 1.0)

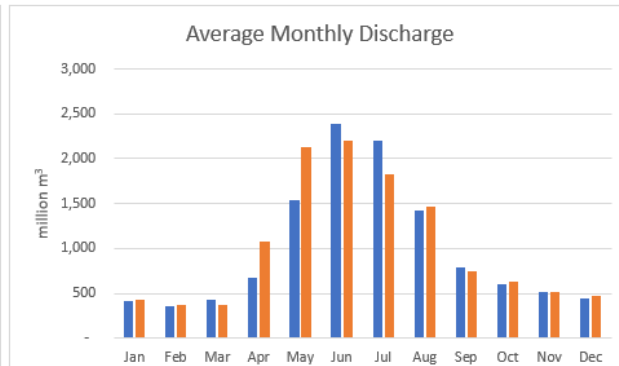
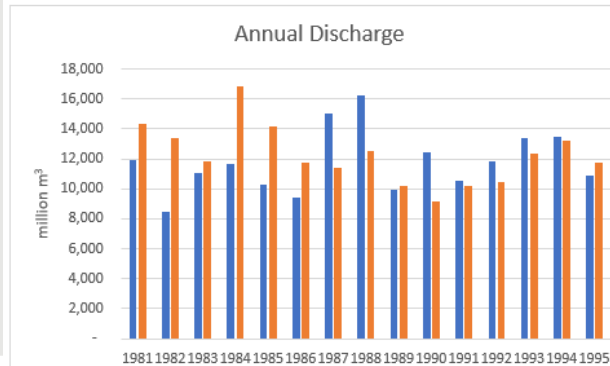
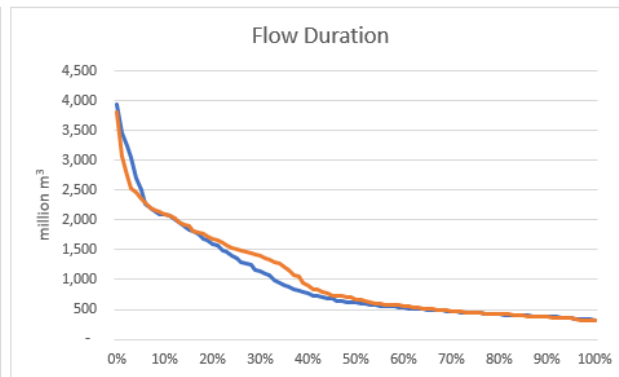
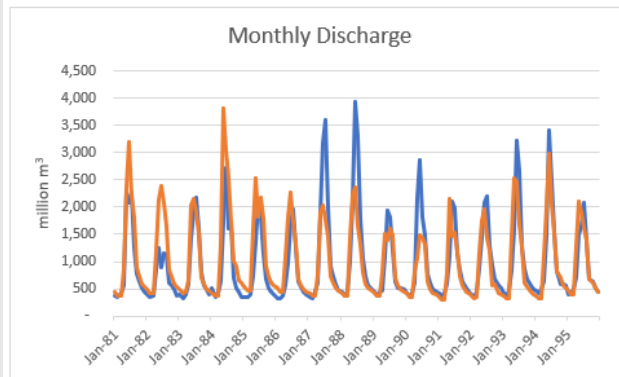
PBIAS = 7.1%
(Ideal = 0%)

SDR = 0.95
(Ideal = 1.0)

- Включение нескольких показателей позволяет добиться лучшей калибровки модели

- Эффективность Нэша-Сатклиффа (NSE)
- Процентное смещение (PBIAS)
- Соотношение стандартных отклонений (SDR)

■ Observed ■ Modeled



Гидрологическая калибровка

Приток в Андижан

NSE = 0.72
(Ideal = 1.0)

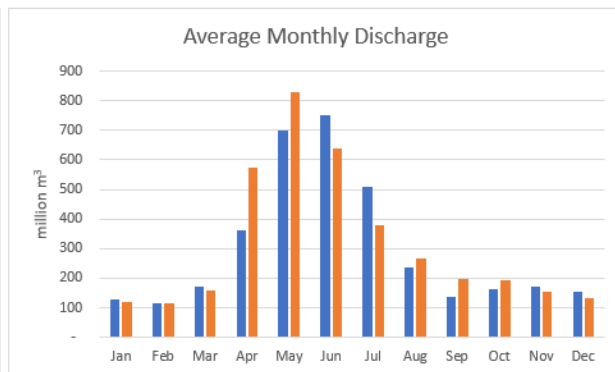
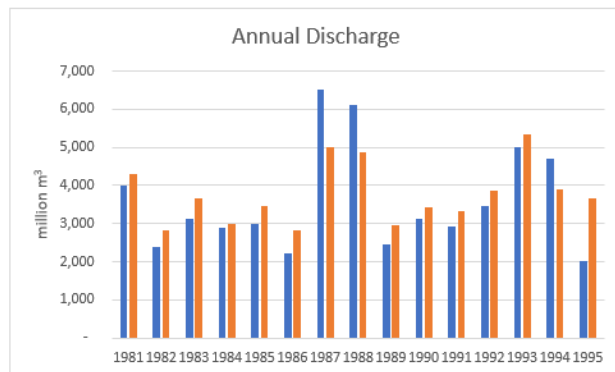
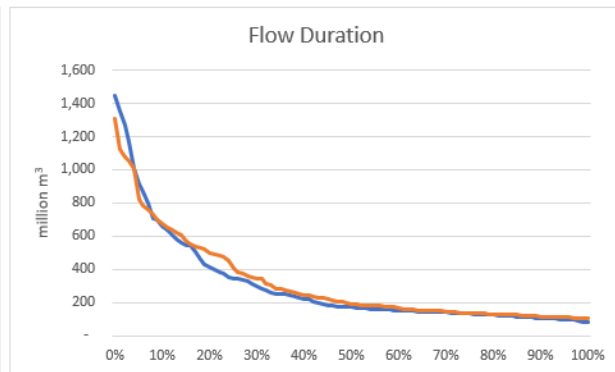
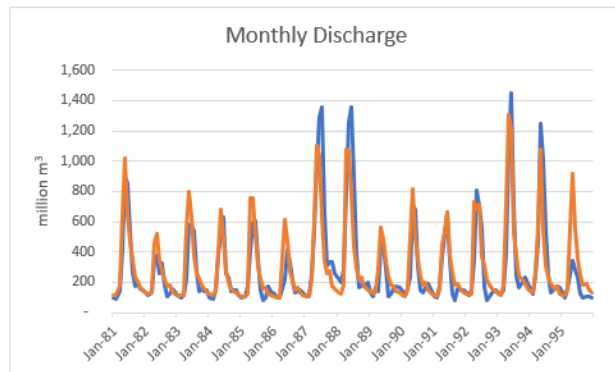
PBIAS = 12%
(Ideal = 0%)

SDR = 0.91
(Ideal = 1.0)

- Включение нескольких показателей позволяет добиться лучшей калибровки модели

- Эффективность Нэша-Сатклиффа (NSE)
- Процентное смещение (PBIAS)
- Соотношение стандартных отклонений (SDR)

■ Observed ■ Modeled



Гидрологическая калибровка

Приток в Ахангаран

NSE = 0.72
(Ideal = 1.0)

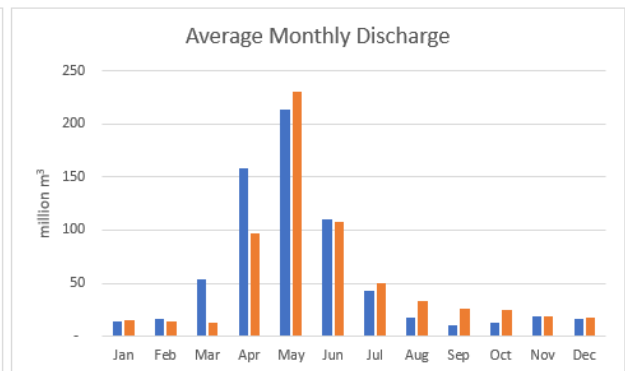
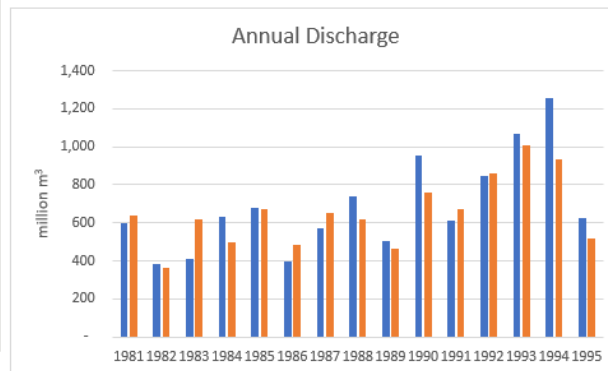
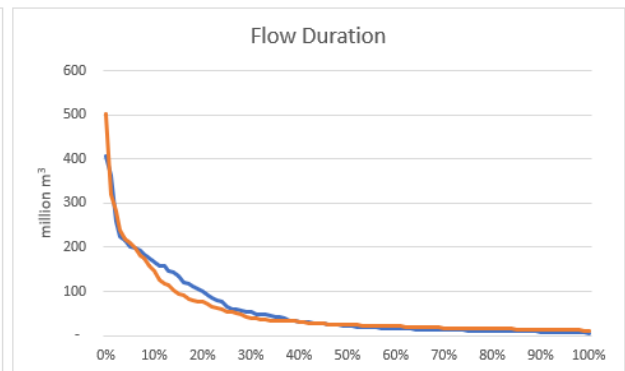
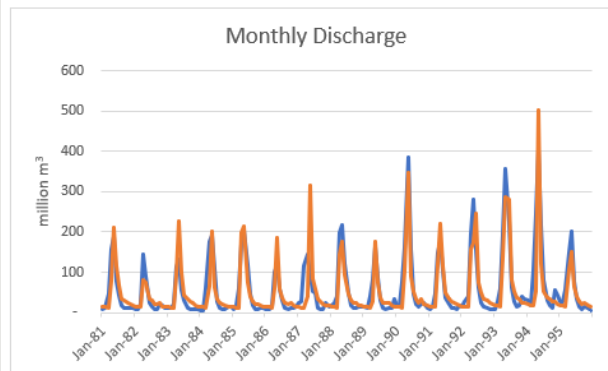
PBIAS = -1%
(Ideal = 0%)

SDR = 0.97
(Ideal = 1.0)

- Включение нескольких показателей позволяет добиться лучшей калибровки модели

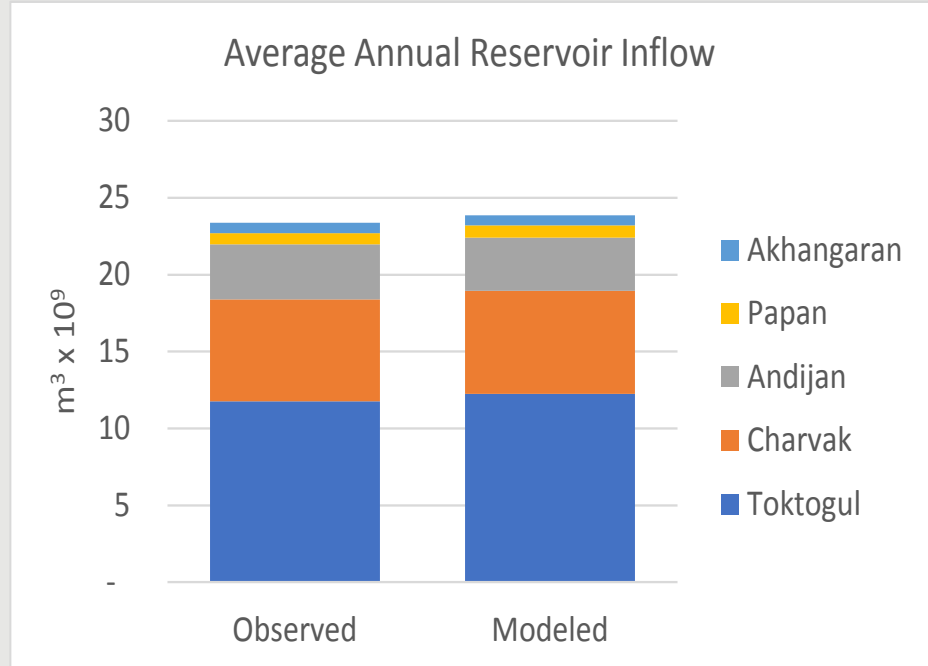
- Эффективность Нэша-Сатклиффа (NSE)
- Процентное смещение (PBIAS)
- Соотношение стандартных отклонений (SDR)

■ Observed ■ Modeled



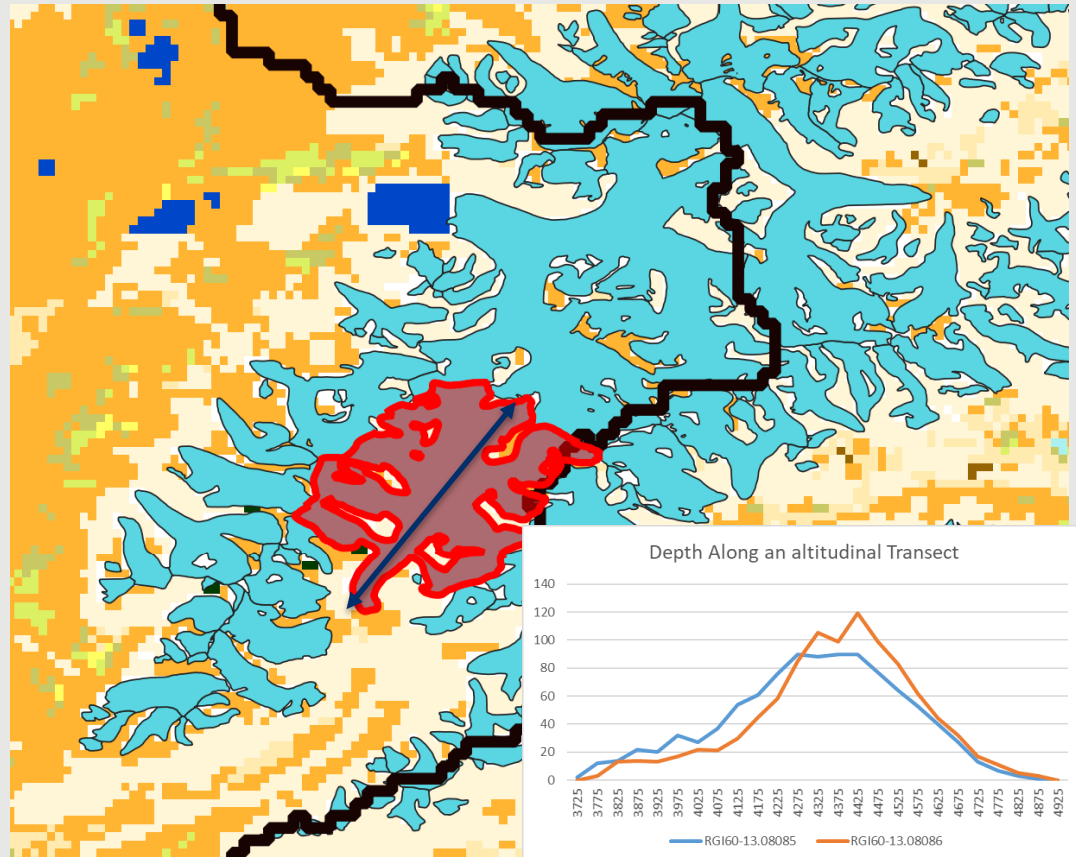
Гидрологическая калибровка

- Использование нескольких калибровочных метрик гарантирует, что WEAP учитывает:
 - Диапазон стока
 - Сезонный гидрограф
 - Общий объем воды (справа)



Ледники - первоначальная оценка толщины льда

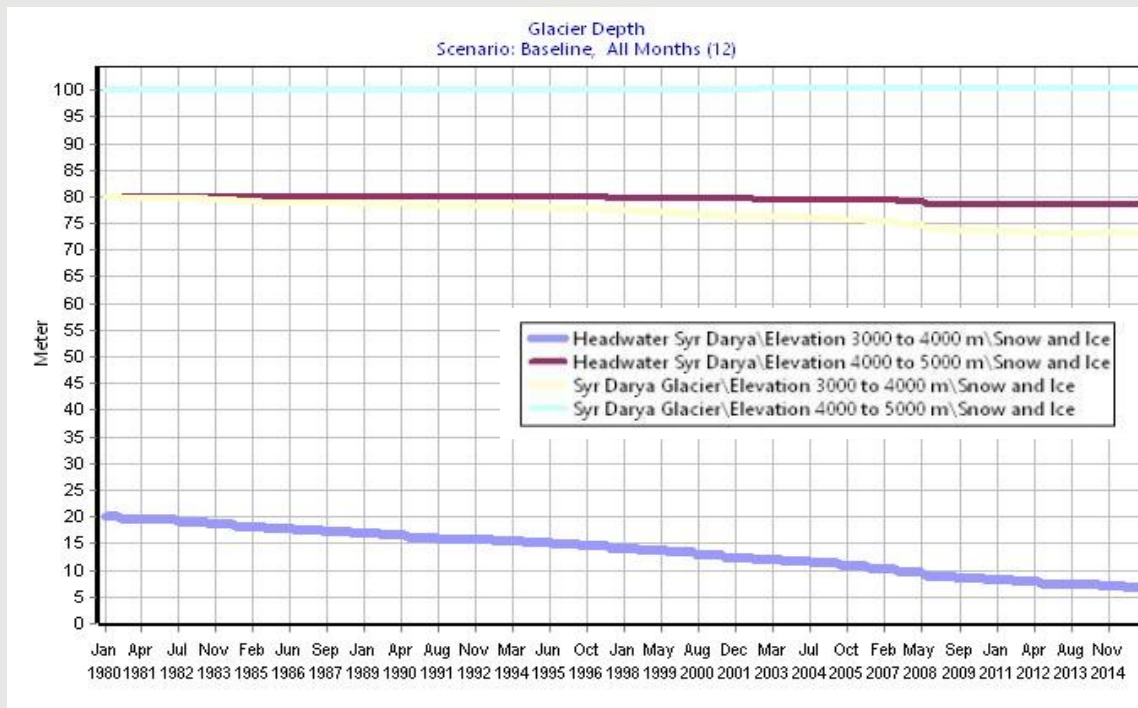
- Randolph Glacier Inventory 6.0 (2017) используется для задания начальных условий (начального состояния) для ледников
 - Начальная толщина льда: оценка с помощью ГИС и данных трансектов (поперечных разрезов)
- Размеры ледников, полученные на основе данных о снеге и льде в наборе данных о почвенно-растительном покрове ЕКА



НИЖНИЙ КОЛОНТИТУЛ ЗДЕСЬ

Ледники - первоначальная оценка толщины льда

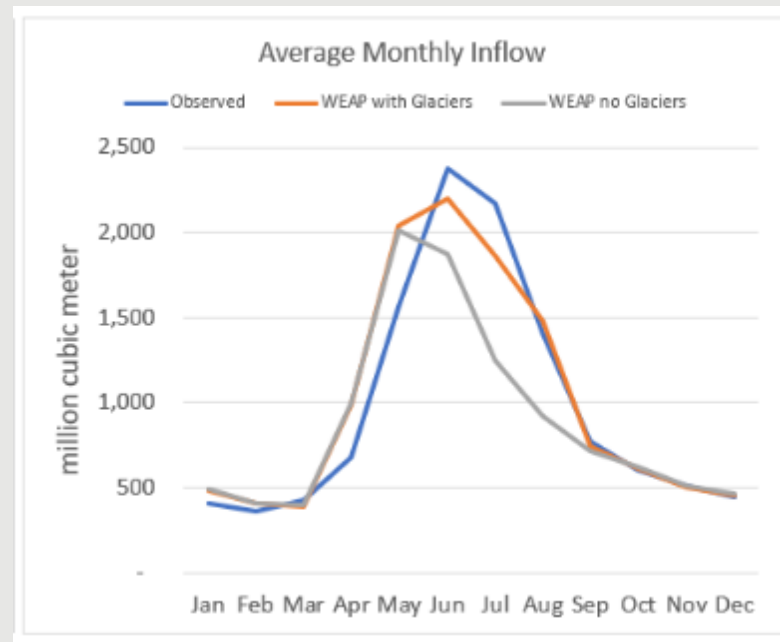
- Оценка толщины, объема, процессов таяния и накопления ледника.
- Нерешенные вопросы
 - Считаем, что базовые данные по Принстону слишком теплые.
 - Применили коррекцию смещения к среднемесячной температуре.
 - Необходимо определить некоторые местные данные о климате и состоянии ледников



Калибровка ледников - воздействие на речной поток

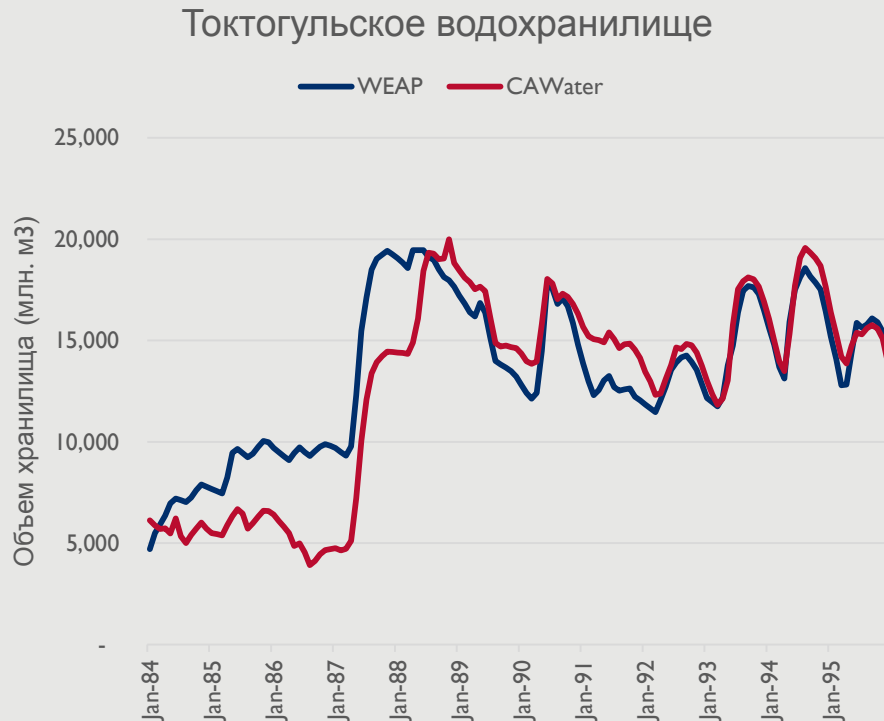
- Температура таяния льда и коэффициент солнечной радиации скорректированы для калибровки таяния ледников в соответствии с наблюдаемым речным стоком.
- Таяние ледников значительно увеличивает (растягивает) ниспадающую часть гидрографа стока.
- Нерешенные вопросы
 - Необходимо подтверждение динамики накопления и таяния ледников
 - Подтвердить температурные пороги и исторические температурные данные, используемые в модели (данные по Принстону слишком теплые?)

Приток в Токтогул



Калибровка водохранилища

- Изменения в объеме водохранилища отражают как гидрологию, так и операционную деятельность (эксплуатацию)
- В реальном мире правила эксплуатации могут меняться с течением времени
- WEAP предполагает фиксированные правила эксплуатации в течение исторического периода
- Объемы водохранилищ откалиброваны по базе данных CAWater



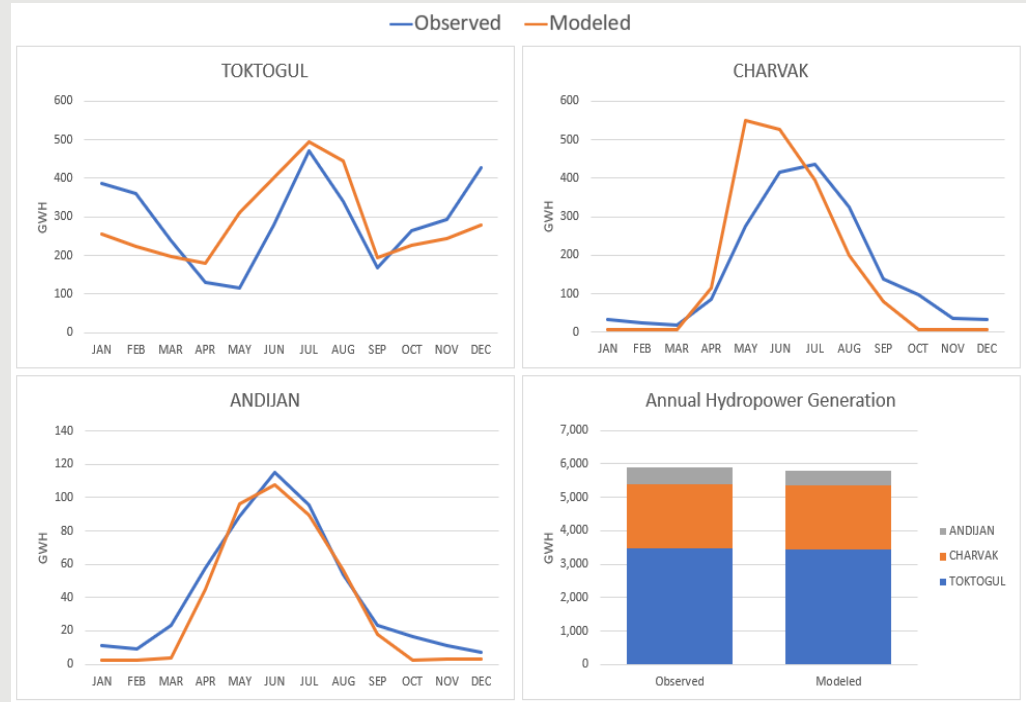
Калибровка водохранилища

- Изменения в объеме водохранилища отражают как гидрологию, так и операционную деятельность (эксплуатацию)
- В реальном мире правила эксплуатации могут меняться с течением времени
- WEAP предполагает фиксированные правила эксплуатации в течение исторического периода
- Объемы водохранилищ откалиброваны по базе данных CAWater



Калибровка гидроэлектростанций

- WEAP рассчитывает производство гидроэлектроэнергии на основе пропускной способности турбин и "напора" водохранилища (т.е. отметка воды в водохранилище минус отметка воды в нижнем бьефе).
- Выработка гидроэлектроэнергии, откалибрована по данным NASPI





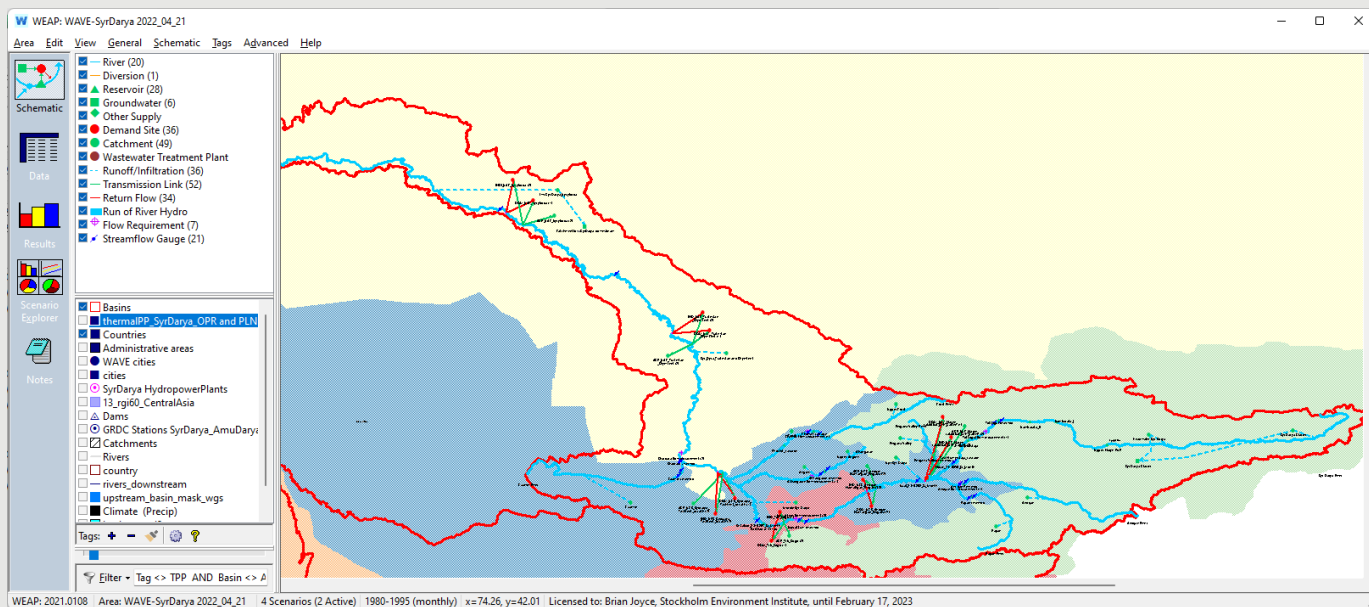
WEAR: Пространственная разбивка бассейна. Разбивка на секторы, приоритеты.

—

Модель WEAP бассейна реки Сырдарья учитывает запасы и потребности в воде каждой страны.

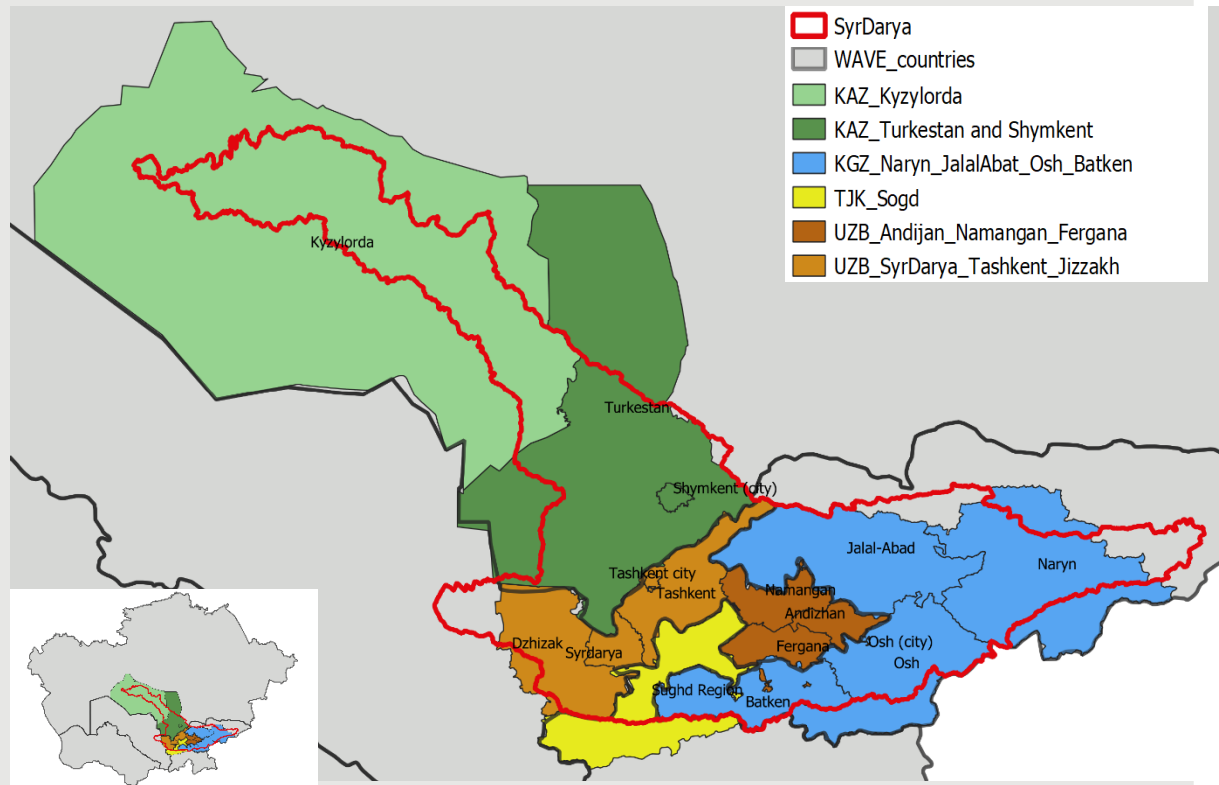
Интегрирует:

- **Водные ресурсы:** Климатически обусловленная модель дождевого стока. Распределение на различные виды водопользования.
- **Энергетику:** Гидроэнергетика. Охлаждение тепловых станций.
- **Продовольствие:** Потребность в воде и урожайность для 15 видов орошаемых культур.



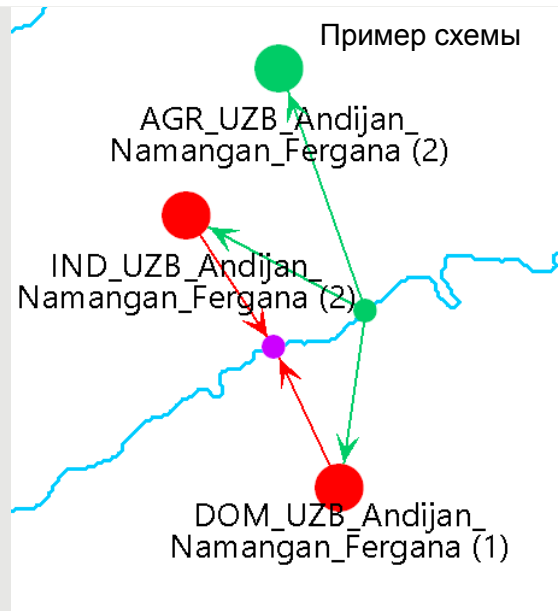
Водопользование: разделение провинций по участкам спроса WEAP

- Поскольку основные данные по сельскому хозяйству, населению и промышленности обычно представляются на национальном и административном (провинциальном) уровнях, участки спроса в WEAP были представлены таким образом, чтобы близко соответствовать границам провинций. В некоторых случаях данные по разным провинциям были объединены в один участок спроса в WEAP.
- Этот подход был также использован (Hunink, Lutz, and Droogers 2014) в предыдущей модели WEAP для региона.
- Распределение провинций по бассейнам и местам спроса WEAP было сделано на основе географического положения и информации с сайта CAWater-info.net, который сообщает статистику по водным ресурсам по странам, провинциям и бассейнам.



Водопользование: подход к моделированию

- Охвачены 3 сектора: бытовой сектор, промышленность и сельское хозяйство.
- Потребности дезагрегированы по секторам и странам.
- Провинции были объединены в участки спроса WEAP.
- Всего 18 мест спроса в WEAP
- Внутренние потребности имеют более высокий приоритет, чем сельское хозяйство и промышленность



Бытовой сектор

- DOM_KAZ_Kyzylorda
- DOM_KAZ_Turkestan_Shymkent
- DOM_KGZ_Naryn_JalalAbat_Osh_Batken
- DOM_TJK_Sogd
- DOM_UZB_Andijan_Namangan_Fergana
- DOM_UZB_SyrDarya_Tashkent_Jizzakh

Промышленность

- IND_KAZ_Kyzylorda
- IND_KAZ_Turkestan_Shymkent
- IND_KGZ_Naryn_JalalAbat_Osh_Batken
- IND_TJK_Sogd
- IND_UZB_Andijan_Namangan_Fergana
- IND_UZB_SyrDarya_Tashkent_Jizzakh

Сельское хозяйство

- AGR_KAZ_Kyzylorda
- AGR_KAZ_Turkestan_Shymkent
- AGR_KGZ_Naryn_JalalAbat_Osh_Batken
- AGR_TJK_Sogd
- AGR_UZB_Andijan_Namangan_Fergana
- AGR_UZB_SyrDarya_Tashkent_Jizzakh

Приоритеты распределения водных ресурсов

- **WEAP** использует систему приоритетов в целях определения дальнейшего распределения воды от источников снабжения до мест спроса и водосборов, для удовлетворения потребностей в воде, наполнения водохранилищ и выработки гидроэлектроэнергии.

Сектор	Приоритет распределения
Бытовой сектор	1
Промышленность	2
Сельское хозяйство	2
Хранение Водохранилища*	3
Гидроэнергетика*	4

* Гидроэнергетические плотины в верхнем водоразделе имеют высокий приоритет
Гидроэнергетические плотины в нижнем водоразделе генерируют пассивно

Водохранилища в WEAP

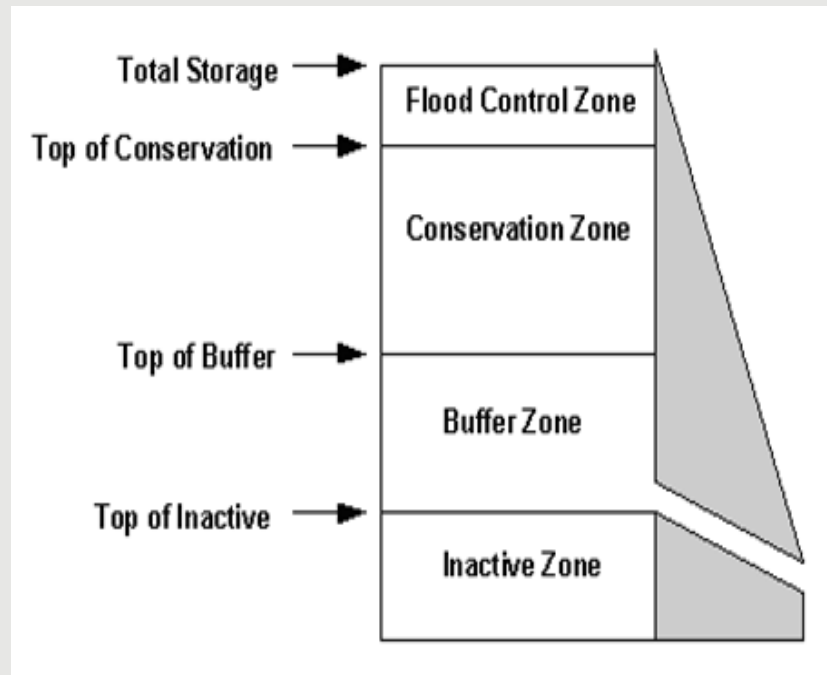
- 16 водохранилищ на Сырдарье управляются в целях гидроэнергетики и ирригации
 - Чирчикский, Чарвакский и Ташкумырский каскады включают в себя несколько плотин



Эксплуатация водохранилищ

Зоны работы водохранилищ:

- Зона контроля наводнений (резервный объем)
 - Зарезервирована для контроля наводнений
- Зона хранения основного (полезного) объема
 - Полезный объем. Отсутствие ограничений на сброс
- Буферная зона основного (полезного) объема
 - Полезный объем. Сбросы ограничены процентом от оставшегося объема водохранилища
- Неактивная зона (мертвый объем)
 - Отсутствие сбросов из водохранилища



Приоритеты распределения водных ресурсов

- Приоритеты распределения варьируются от 1 до 99
 - 1 - высший приоритет; 99 - низший приоритет
- Для забора воды из водохранилища приоритет спроса должен быть выше приоритета хранения
- Использование двухуровневой структуры приоритетов для Сырдарьи
 - Уровень 1: Положение в пределах водосборного бассейна
 - Уровень 2: Водопользование

	Кыргызстан	Узбекистан Верхний	Таджикиста н	Узбекистан Нижний	Казахстан Верхний	Казахстан Нижний
Коммунально-бытовое	1	11	21	31	41	51
Гидроэнергетика	2	12	22	32	42	52
Ирригация	3	13	23	33	43	53
Промышленность	3	13	23	33	43	53
Тепловое охлаждение	4	14	24	34	44	54
Экосистемы	5	15	25	35	45	55
Хранение воды	6	16	26	36	46	56



WEAP: Водопользование и потребности в водных ресурсах.

Внутренние (бытовые) потребности в водных ресурсах

- **Общий подход:**
 - **Бытовые потребности** в воде оцениваются на основе уровня активности (численность населения) и водоемкости (годовое водопотребление на душу населения).
 - Демографические факторы согласованы между моделями WEAP и LEAP
- **Уровень активности: Население**
 - Историческая численность населения (1970-2021 гг.) по провинциям (областям) взята из Национальных статистических агентств
 - Население в каждом из мест спроса WEAP было оценено путем агрегирования (объединения) соответствующих провинций.
 - Национальные демографические прогнозы основаны на данных ООН World Population Prospects (2019). Для каждой страны были применены одинаковые темпы роста для каждой провинции.

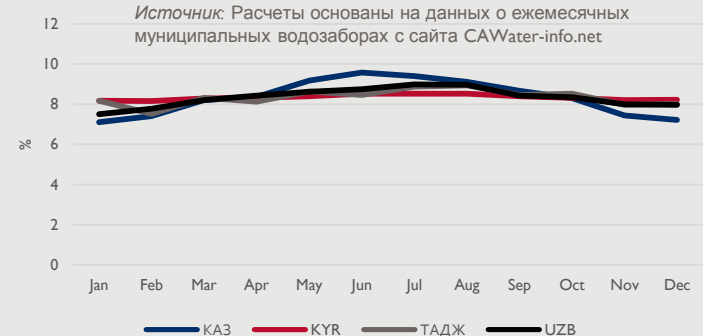
Внутренние потребности в водных ресурсах (продолжение)

- **Годовая норма водопотребления**
 - Потребление воды населением на душу населения по данным ОЭСР (2020)
- **Потребление**
 - На основании (Hunink, Lutz, and Droogers 2014), эффективное внутреннее потребление оценивается в 10%, что означает, что 90% воды возвращается в систему и доступна ниже по течению)

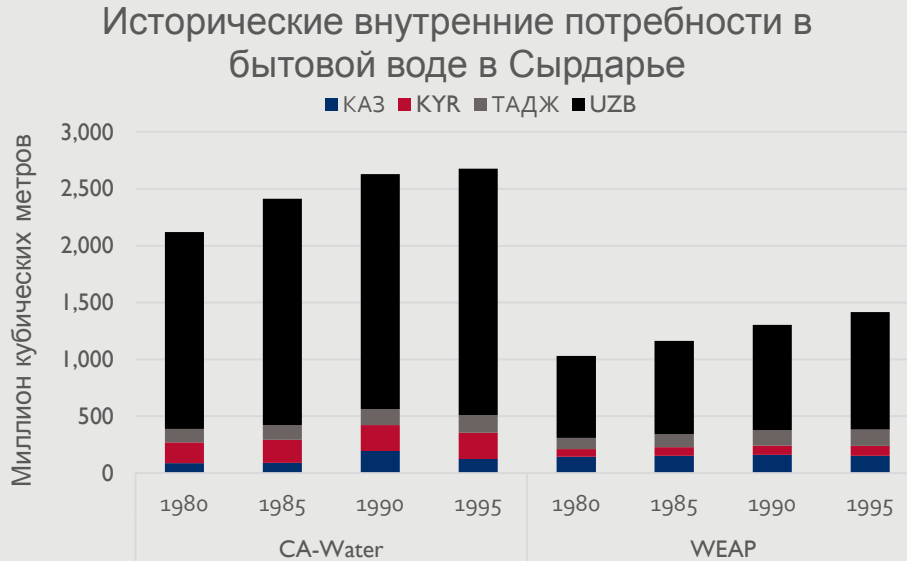
Источник: ОЭСР (2020)

Страна	Годовое потребление воды в быту на душу населения (м ³ /на человека) (m ³ /cap)
Казахстан	48.6
Кыргызстан	32.6
Таджикистан	83.3
Узбекистан	86.3

Внутреннее потребление воды -
ежемесячная доля годового спроса %



Внутренние потребности в водных ресурсах (продолжение)



- Исторические потребности в воде в модели WEAP ниже, чем зарегистрированные потребности в воде в CAWater-Info.net, особенно для Узбекистана.
- Результаты WEAP отражают исторические показатели численности населения и водопотребления (ОЭСР, 2020)
- Для Узбекистана годовое потребление воды на душу населения, рассчитанное по данным CAWater (1980-1995 гг.), находится в диапазоне 207-180 м³ на человека, по сравнению с 86,3 м³ на человека по данным (OECD, 2020).
- Необходим более свежий и надежный источник исторических данных о потребностях в воде для сравнения.

Промышленные потребности в водных ресурсах

- **Общий подход:**
 - Промышленные потребности в воде оцениваются на основе уровня деятельности (добавленная стоимость промышленности) и водоемкости (годовое водопотребление на единицу добавленной стоимости промышленности).
 - Забор воды для охлаждения электростанций включен в промышленные потребности в воде (т.е. в настоящее время тепловые электростанции не представлены отдельно)
 - Макроэкономические факторы согласованы между моделями WEAP и LEAP.
- **Уровень активности: Добавленная стоимость в промышленном секторе**
 - Исторический ВВП (в долларах США, 2020 г.) и промышленная добавленная стоимость (%) для каждой страны были получены из Национальных статистических агентств и Всемирного банка.
 - ВВП и отраслевая добавленная стоимость прогнозируются на основе данных World Economic Outlook (2021) и экстраполяции исторических тенденций.
 - Вклад каждой провинции в национальную добавленную стоимость промышленности оценивалась на основе валового регионального продукта по видам экономической деятельности, представленного в Национальных статистических агентствах и других международных источниках.
 - Промышленная добавленная стоимость в каждом месте спроса WEAP была оценена путем агрегирования соответствующих провинций.

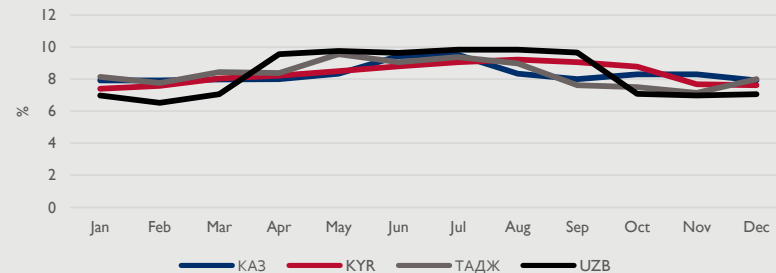
Промышленные потребности в водных ресурсах (продолжение)

- **Годовая норма водопотребления**
 - Годовое водопотребление на единицу промышленной добавленной стоимости (м3/\$) оценивалось на основе данных Аквастата (2022) по промышленным водозаборам.
- **Потребление**
 - На основании данных Аквастата (2022), эффективное потребление оценивается в 5%

Страна	Годовое промышленное водопотребление на единицу промышленной добавленной стоимости (м3/USD)
Казахстан	0.097
Кыргызстан	0.166
Таджикистан	0.795
Узбекистан	0.158

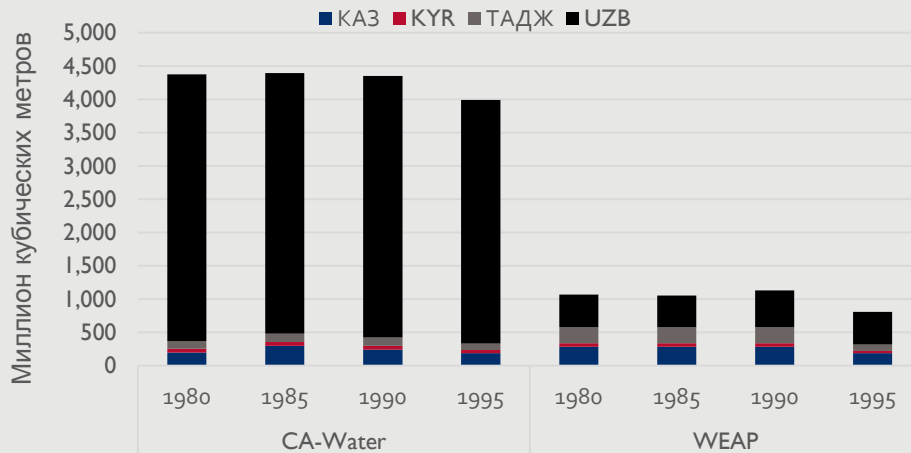
Промышленное водопотребление - ежемесячная доля годового спроса %

Источник: Расчеты основаны на данных о ежемесячных промышленных водозаборах с сайта CAWater-info.net



Промышленные потребности в водных ресурсах (продолжение)

Исторические потребности в промышленной воде
в Сырдарье



- Исторические потребности в воде в модели WEAP ниже, чем зарегистрированные потребности в воде в CAWater-Info.net, особенно для Узбекистана.
- Результаты WEAP отражают исторический ВВП и добавленную стоимость промышленности, а также нормы водопользования из (AQUASTAT, 2022)
- Для Узбекистана годовое промышленное водопотребление на единицу добавленной стоимости промышленности, рассчитанное по данным CAWater (1980-1995), находится в диапазоне 1,1-1,4 м³/USD, по сравнению с 0,158 м³/USD по данным (AQUASTAT, 2022).
- Необходим более свежий и надежный источник исторических данных о потребностях в воде для сравнения.

Потребности сельского хозяйства в водных ресурсах

Категории сельскохозяйственных культур

- 15 категорий сельскохозяйственных культур, представленных в WEAP
- Эти категории отражают наиболее важные культуры в каждой стране, а также согласовывают категории культур, представленные национальными статистическими агентствами и международными источниками данных, такими как ФАО и CAWater-info.net.

Заготовленные площади

- Для каждой страны данные о площадях сбора урожая по видам культур и по годам (1995-2020) были получены из FAOSTAT (2022).
- Сельскохозяйственные земли по культурам были распределены по каждому участку спроса WEAP на основе статистических данных на уровне провинции, представленных Национальными статистическими агентствами и сайтом CAWater-info.net.

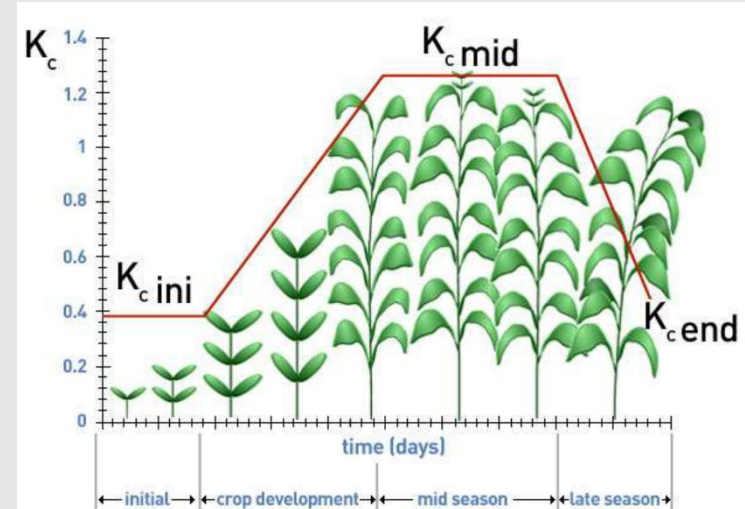
Категории сельскохозяйственных культур в WEAP

- Хлопок
- Ячмень
- Пшеница
- Кукуруза
- Другие злаки
- Яблоки
- Другие фруктовые сады
- Виноград
- Масличные семена и бобовые
- Картофель
- Рис
- Сахарная свекла
- Овощи
- Арбузы и кабачки
- Другие культуры

Потребности сельского хозяйства в водных ресурсах (продолжение)

Коэффициенты урожайности (КУ) и календари сельскохозяйственных культур

- Коэффициенты урожайности были оценены для каждой культуры и месяца, исходя из типичных дат посадки и стадий вегетации культуры.
- Основные источники включают документ *ФАО по ирригации и дренажу 56* (Allen et al. 1998), региональное исследование для Центральной Азии (Liu, Luo, and Wang 2020) и базу данных календарей орошаемых культур ФАО (AQUASTAT, 2022).
- Для категорий культур, объединяющих несколько культур, репрезентативная культура была выбрана на основе общей площади, собранной отдельными культурами в данной категории.



Группировка культур по категориям

Категории WEAP	Категории сельскохозяйственных культур ФАО
Кукуруза	Кукуруза Маис, зеленый
Хлопок	Семенной хлопок
Арбузы и кабачки	Тыква, тыква, тыква
	Огурцы и корнишоны
	Арбузы Мелона, другие (в т.ч. канталупы)
Пшеница	Пшеница
Ячмень	Ячмень
Другие злаки	Овес
	Рожь
	Сорго
	Зерно (смешанное)
	Зерновые культуры
	Тритикале
	Соевые бобы
	Просо
Картофель	Картофель
Рис	Рис, палли
Сахарная свекла	Сахарная свекла
Виноград	Виноград
Яблоки	Яблоки

Категории WEAP	Категории сельскохозяйственных культур ФАО
Другие фруктовые сады	Фрукты, косточковые
	орехи
	Груши
	Персики и нектарины
	Абрикосы
	Сливы и терн
	Вишня
	Вишня, кислая
	Фрукт киви
	Фрукты, гранулы
	Фрукты, цитрусовые
	Фрукты, свежие нес
	Инжир
	Апельсины
	Лимоны и лаймы
	Мандарины, мандарины, клементины, сацума
	Грейпфрут (в т.ч. помело)
	Фундук
	Грецкие орехи, со скорлупой
Хурма	
Фисташки	
Фундук, со скорлупой	
Квинс	
Оливки	
Миндаль, со скорлупой	

Категории WEAP	Категории сельскохозяйственных культур ФАО
Овощи	Артишоки
	Морковь и репа
	Цветная капуста и брокколи
	Чили и перец, сухие
	Чили и перец, зеленый
	Баклажаны (баклажаны)
	Лук-порей, другие аллиасовые овощи
	Перец (piper spp.)
	Латук и цикорий
	Лук, сухой
Масличные семена и бобовые	Лук, лук-шалот, зеленый
	Овощи, свежие нес
	Овощи, бобовые
	Горошек, зеленый
	Горох, сухой
	Масличные семена
	Сафлоровое семя
	Кунжутное семя
	Джут
	Семя подсолнечника
Рапс	
Импульсы	
Льняное семя	
Импульсы	

Категории WEAP	Категории сельскохозяйственных культур ФАО
Другие культуры	Табак, произведенный
	Малина
	Пряности
	Ягоды не
	Гречневая крупа
	Чечевица
	Черника
	Куриный горох
	Орехи
	Смородина
	Клубника
	Крыжовник
	Корни цикория
	Арахис, со скорлупой
	Горчичное семя
	Капуста и другие духовые культуры
	Фасоль, сухая
	Фасоль, зеленая
	Чеснок
Помидоры	
Фасоль широкая, фасоль конская, сухая	

Коэффициенты урожайности (Ку) и календари сельскохозяйственных культур

Категория сельскохозяйственных культур в WEAP	КУ				Длительность этапа					Дата посадки	Репрезентативная культура
	КУ первоначальный	КУ в период быстрого роста	Средний КУ	Конечный КУ	Первоначальный	Развитие	Средина сезона	Поздний	Всего		
Яблоки	0.75	0.95	1.15	0.8	20	70	120	60	270	15-мар	Яблони, вишни, груши (активный почвопокровник, без заморозков) (Низкие широты)
Ячмень	0.35	0.75	1.15	0.45	15	24	45	24	108	15-апр.	Яровая пшеница/ячмень/овёс
Кукуруза	0.4	0.80	1.15	0.7	19	34	40	30	123	1-июнь	Кукуруза
Хлопок	0.45	0.75	1.15	0.75	30	50	55	45	180	10-апр	Хлопок
Виноград	0.15	0.48	0.8	0.4	20	50	75	60	205	15-мар	Виноград (столовый) (Калифорния, США)
Масличные семена и бобовые	0.15	0.63	1.1	0.25	25	35	45	25	130	1-май	Подсолнечник (медит.; Калифорния)
Другие культуры	0.15	0.63	1.1	0.25	15	25	35	20	95	15-июнь	Фасоль (сухая) (Пакистан, Калифорния)
Другие злаки	0.35	0.75	1.15	0.45	15	24	45	24	108	15-апр.	Яровая пшеница/ячмень/овёс
Другие фруктовые сады	0.75	0.93	1.1	0.8	20	70	120	60	270	15-мар	Абрикосы, персики, косточковые фрукты (активный почвопокровный, без заморозков) (Низкие широты)
Картофель	0.15	0.63	1.1	0.65	25	30	45	30	130	15-май	Картофель (Континентальный климат)
Рис	1.05	1.10	1.2	0.8	30	30	61	29	150	10-май	Рис
Сахарная свекла	0.15	0.65	1.15	0.5	35	60	70	40	205	1-Нов	Сахарная свекла (засушливые районы)
Овощи	0.15	0.55	0.95	0.95	20	35	110	45	210	1-окт	Лук (сухой) (засушливый регион; Калифорния)
Арбузы и кабачки	0.15	0.55	0.95	0.7	10	20	20	30	80	15-май	Арбузы (Ближний Восток (пустыня))
Пшеница (яровая)	0.35	0.75	1.15	0.45	15	24	45	24	108	15-апр.	Яровая пшеница/ячмень/овёс
Пшеница (озимая)	0.35	0.75	1.15	0.45	170	30	54	30	284	1-окт	Озимая пшеница

Источники:

- Аллен, Ричард Г., Луис С. Перейра, Дирк Раес и Мартин Смит. 1998. Эвапотранспирация сельскохозяйственных культур - Руководство по расчету потребностей сельскохозяйственных культур в воде - Документ ФАО по ирригации и дренажу 56. Рим, Италия: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>.
- Лю, Шуанг, Гелинг Луо и Хао Ванг. 2020. "Временные и пространственные изменения в эффективности использования воды сельскохозяйственными культурами в Центральной Азии с 1960 по 2016 год". Sustainability 12(2):572. doi: 10.3390/su12020572. https://www.researchgate.net/publication/338547581_Temporal_and_Spatial_Changes_in_Crop_Water_Use_Efficiency_in_Central_Asia_from_1960_to_2016.
- ФАО. 2022. "GIEWS - Глобальная система информации и раннего предупреждения - Краткие обзоры по странам". Retrieved April 20, 2022 (<https://www.fao.org/giews/countrybrief/index.jsp>).
- ФАО. 2022. "AQUASTAT - База данных календарей орошаемых культур". Retrieved April 20, 2022 (<https://www.fao.org/aquastat/en/databases/crop-calendar/>).

Потребности сельского хозяйства в водных ресурсах (продолжение)

Потенциальная эвапотранспирация

- Рассчитывается с использованием эталонного испарения и ежемесячных коэффициентов сельскохозяйственных культур
- Эталонное испарение рассчитывается в соответствии с модифицированным методом Харгривса [Droogers and Allen, 2002], для которого необходимы средняя, максимальная и минимальная температура воздуха (T_{avg} , T_{max} , T_{min}), осадки (P) и поступающая внеземная радиация (R_a).

Другие основные допущения

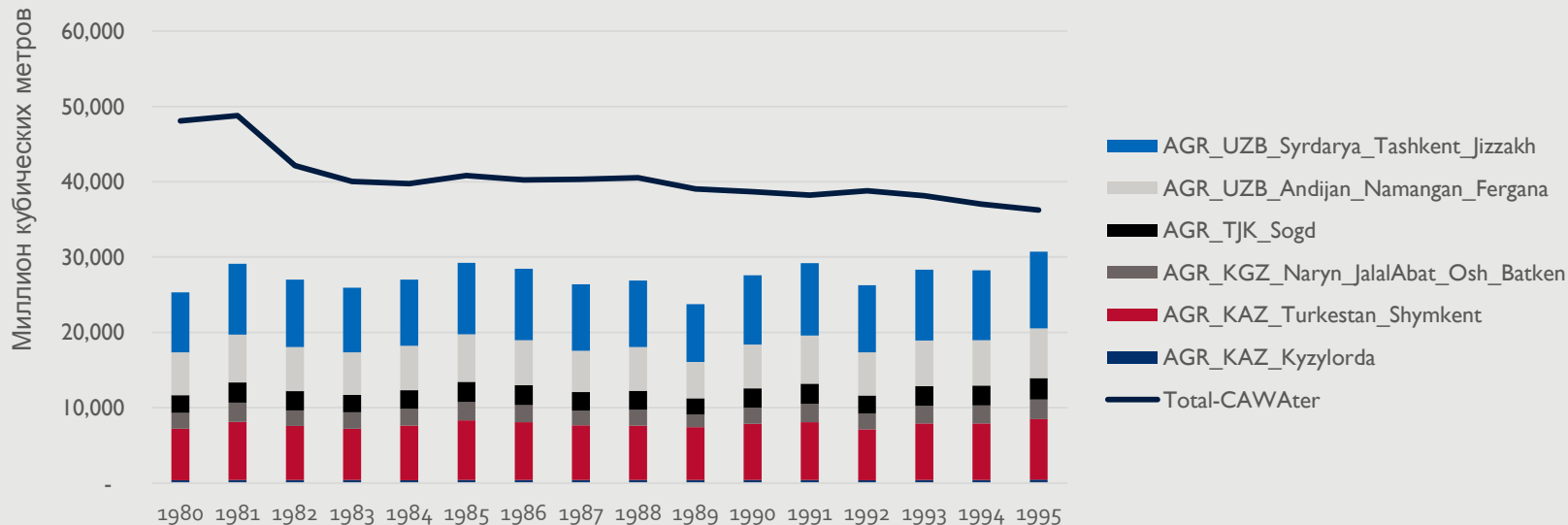
- Модель предполагает, что все возделываемые земли (и богарные и орошаемые) орошаются из поверхностных источников воды.
- Перспективные сценарии предполагают отсутствие изменений на вырубленных (заготовленных) площадях
- Не рассматривается многоукладная (многопосевная) культура

Потребности сельского хозяйства в воде

- Потребность в воде для сельского хозяйства рассчитывается внутри страны с использованием метода упрощенных коэффициентов

Потребности сельского хозяйства в водных ресурсах (продолжение)

Общая годовая потребность в воде для сельского хозяйства в бассейне
реки Сырдарья:
Результаты WEAP в сравнении с CAWater-info.net



Потребности в водных ресурсах для сельскохозяйственных культур

- Несмотря на недооценку общей потребности в оросительной воде, смоделированные потребности культур в воде в целом выше, чем аналогичные оценки с использованием CROPWAT (Dukhovny and Schutter, 2011).

	Потребность в воде для сельскохозяйственных культур (м3/га)	
	CROPWAT	WEAP
Хлопок	5,000	11,802
Пшеница	4,600	8,267
Кукуруза	4,900	9,252
Рис	18,000	13,823
Фруктовые сады	5,100	15,646
Виноградники	3,500	8,419

Водопользование: следующие шаги

- Сельскохозяйственные потребности будут моделироваться с помощью метода MABIA, который представляет собой ежедневное моделирование транспирации, испарения, потребностей в орошении и составления графика полива, роста и урожайности культур, и включает модули для оценки эталонной эвапотранспирации и влагоемкости почвы.
- В настоящее время потребности в воде для охлаждения тепловых электростанций включены в промышленные потребности. На более позднем этапе тепловые электростанции будут моделироваться индивидуально в WEAP, а уровни их активности (ГВтч произведенной электроэнергии) будут взяты из результатов модели LEAP. Это будет иметь последствия для будущих потребностей в воде по мере развития технологий производства электроэнергии.
- После того, как грунтовые воды будут смоделированы как часть гидрологии, требования будут обновлены, чтобы отразить различные источники воды.
- Пересмотр калибровки водопользования (в зависимости от более поздних исторических потребностей в воде по секторам, странам и бассейнам)



WEAP: Климатические прогнозы CMIP 5 RCP 4.5 и RCP 8.5.

Сценарии изменения спроса и потребности в воде, изменения в притоке воды в водохранилища и в гидроэнергетике.

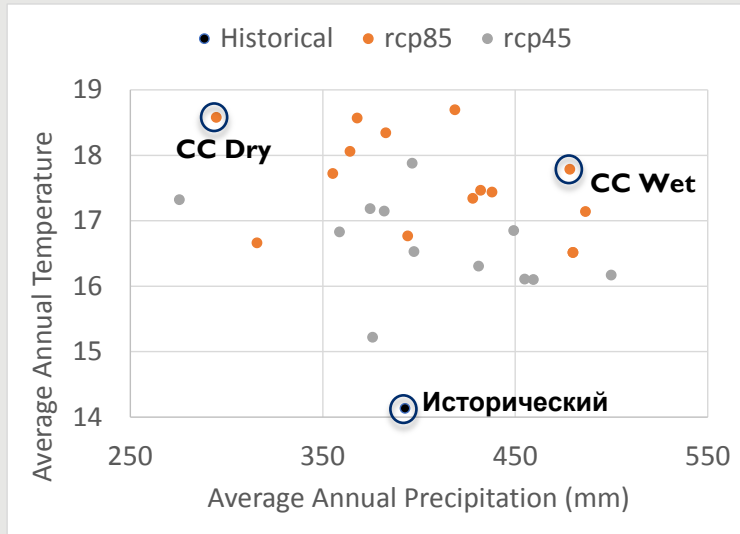
Климатические прогнозы: подход

- Месячные аномалии осадков и температуры за период с 2010 по 2100 гг.
- Применение аномалий к историческим климатическим данным для создания временных рядов климатических прогнозов
- Получены данные для 27 климатических прогнозов
 - 12 RCP 4.5
 - 15 RCP 8.5

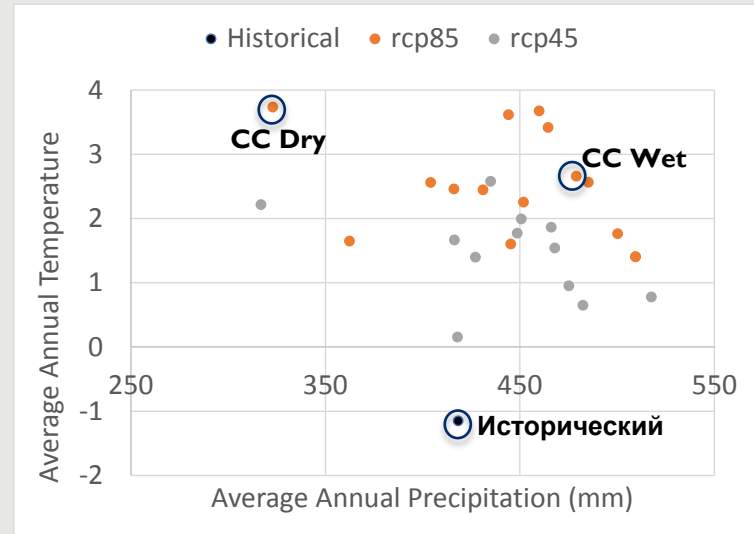
Климатические прогнозы

- Изменения в количестве осадков и температуре варьируются по всему бассейну
- CC Dry примерно на 4,5 градуса теплее и на 25 процентов суше.
- CC Wet примерно на 4,0 градуса теплее и на 22 процента влажнее.

Ферганская долина
(0-1000 м над уровнем моря)

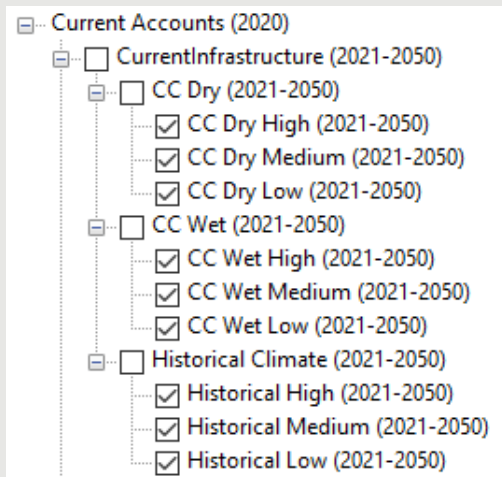


верховья Сырдарьи (высота 3000-4000 м)



Первоначальные
результаты:
Базовый уровень

Базовые сценарии



- Базовые (или обычные) операции
 - Отсутствие новой инфраструктуры
 - Площадь орошаемых земель остается на прежнем уровне
 - Потребность в бытовой воде увеличивается по мере роста населения
 - Промышленные потребности в воде увеличиваются с ожидаемым ростом ВВП
- 3 климатических сценария, рассчитанных на 30-летний период 2021-2050 гг:
 - **Исторический** (1960-2010)
 - **CC Dry** (RCP 8.5; GCM: ipsl-cm5a-mr-esm)
 - **CC Wet** (RCP 8.5; GCM: miroc5-esm)
- 3 уровня спроса:
 - **Низкий:** Нормы бытового и промышленного водопользования для каждой страны, основанные на обзоре литературы. В сельском хозяйстве - 85% эффективности орошения и 30% потерь в каналах.
 - **Средний:** Одинаковые показатели бытового и промышленного водопотребления во всех странах. Занимает второе место по водоемкости среди сценариев Низкого уровня. Более низкая эффективность орошения и более высокие потери в каналах в сельском хозяйстве.
 - **Высокий:** То же, что и выше, с 50% потерями в бытовом и промышленном секторах. Еще более низкая эффективность орошения и более высокие потери в каналах в сельском хозяйстве.
- 9 общих комбинаций климатических условий и уровней спроса

Сценарии: уровни спроса

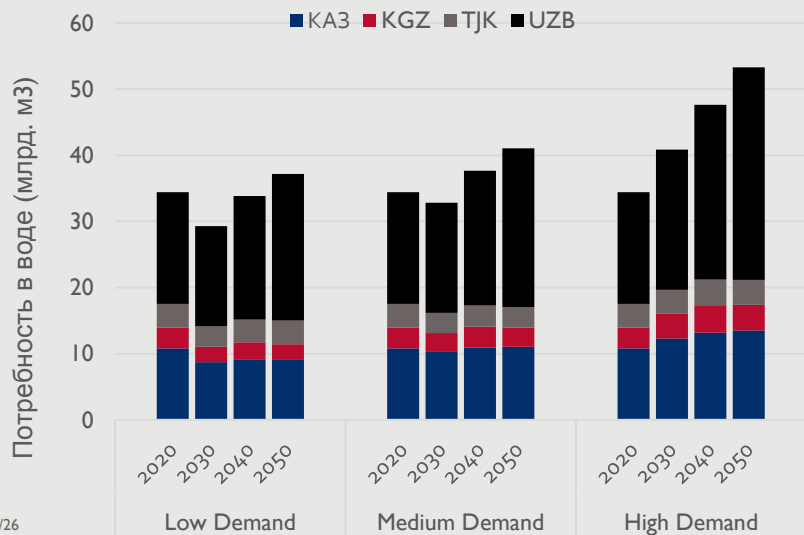
Сектор и страна	Низкий	Средний	Высокий
Бытовые: норма потребления воды (Ipd: литры/человек/день)			
КАЗ	113	228 лпд (то же, что и ТJK в Low)	228 лпд (то же, что и ТJK в Low) + 50% утечки
KGZ	89 лпд		
ТJK	228 лпд		
UZB	236 лпд		
Промышленность: уровень водопользования (м3/\$ добавленной стоимости в промышленности)			
КАЗ	0,097 м3/\$VA	0,166 м3/\$VA (то же, что и КГЗ в Лоу)	0,166 м3/\$VA (то же, что и КГЗ в Лоу) + 50% утечки
KGZ	0,166 м3/\$VA		
ТJK	0,795 м3/\$VA		
UZB	0,158 м3/\$VA		
Сельское хозяйство: Эффективность орошения			
КАЗ	84%	75%	65%
KGZ			59%
ТJK			65%
UZB			64%
Сельское хозяйство: Потери в каналах			
КАЗ	30%	40%	50%
KGZ			
ТJK			
UZB			

- Нормы бытового и промышленного водопользования в сценарии "Низкий" на основе (ОЭСР, 2020) и (ФАО, 2022)
- Эффективность орошения в сценарии "Высокий" на основе данных "Вода в Центральной Азии" (Dukhonvy & Schutter, 2011)

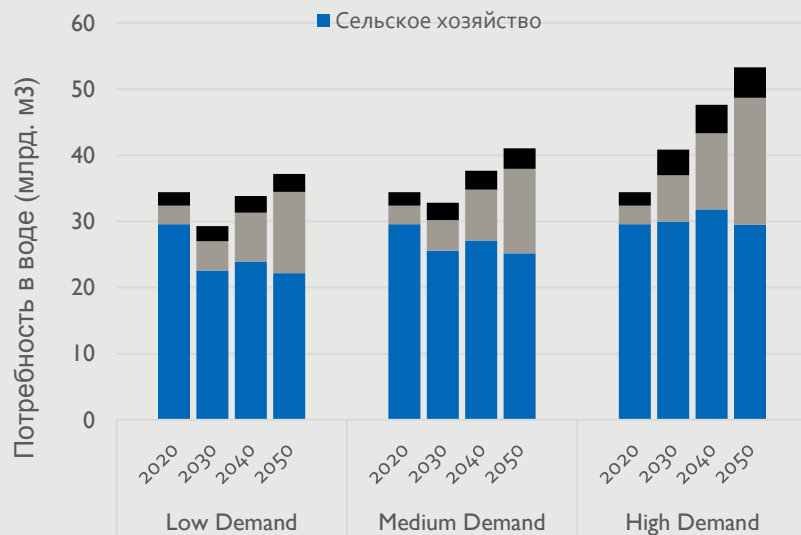
Результаты спроса на воду в бассейне Сырдарьи: исторический климат

По сравнению с уровнем 2020 года, общая потребность в воде к 2050 году увеличится на 8% в сценарии низкого спроса, на 19% в сценарии среднего спроса и на 55% в сценарии высокого спроса.

Потребность в воде в Сырдарье: по странам. Исторический климат -



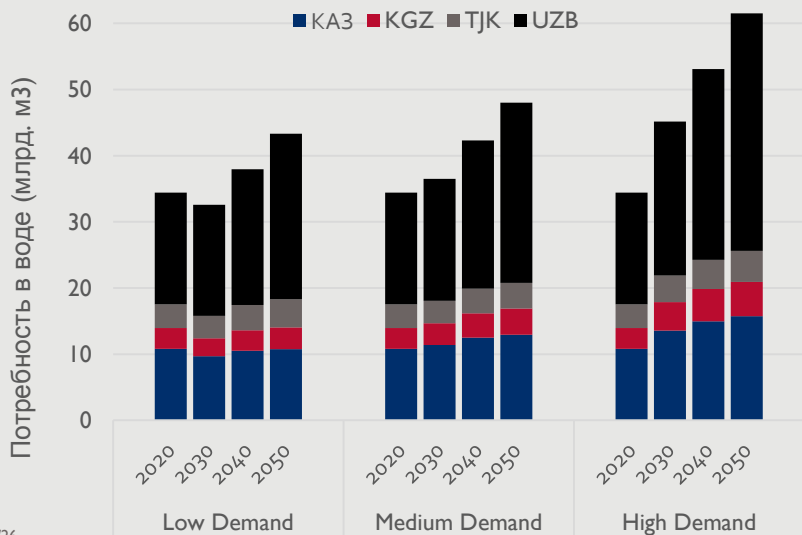
Потребность в воде в Сырдарье: по секторам. Исторический климат -



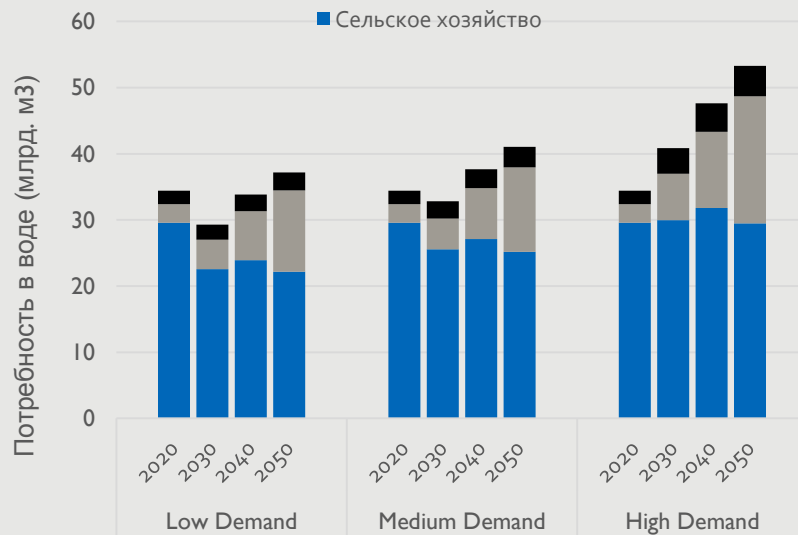
Результаты спроса на воду в бассейне Сырдарьи: Сухой климат

По сравнению с уровнем 2020 года, общая потребность в воде к 2050 году увеличится на 26% в сценарии низкого спроса, на 39% в сценарии среднего спроса и на 79% в сценарии высокого спроса.

Потребность в воде в Сырдарье: по странам. Сухой климат -



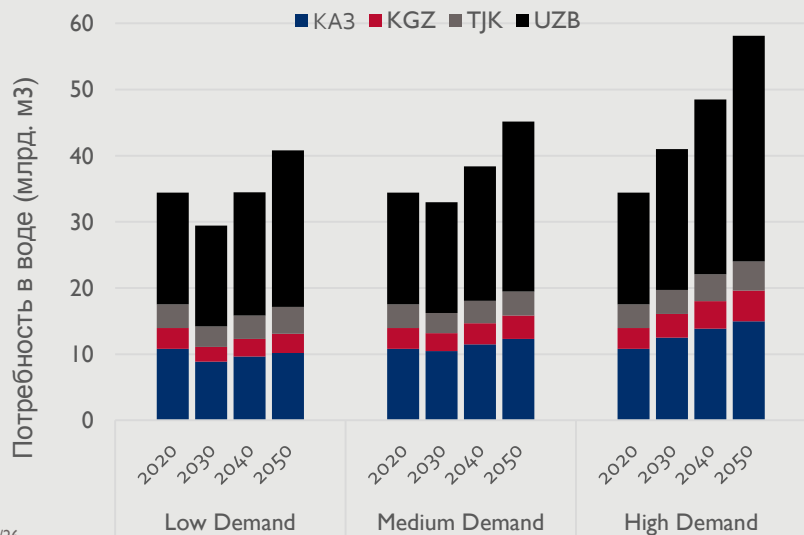
Потребность в воде в Сырдарье: по секторам. Сухой климат -



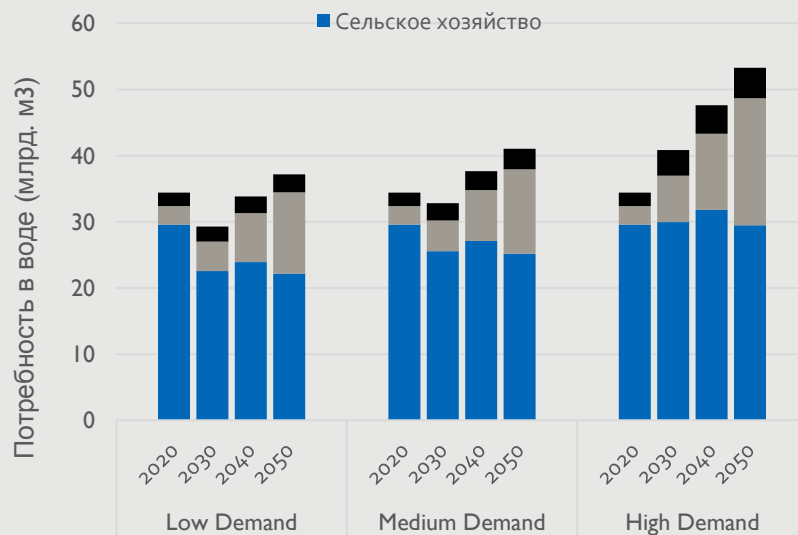
Результаты спроса на воду в бассейне Сырдарьи: Влажный климат

По сравнению с уровнем 2020 года, общая потребность в воде к 2050 году увеличится на 19% в сценарии низкого спроса, на 31% в сценарии среднего спроса и на 69% в сценарии высокого спроса.

Потребность в воде в Сырдарье: по странам. Влажный климат -



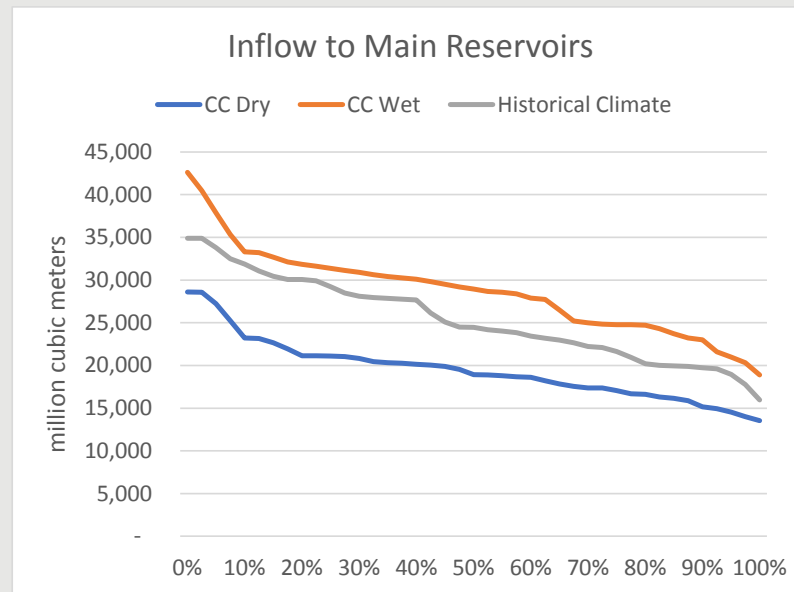
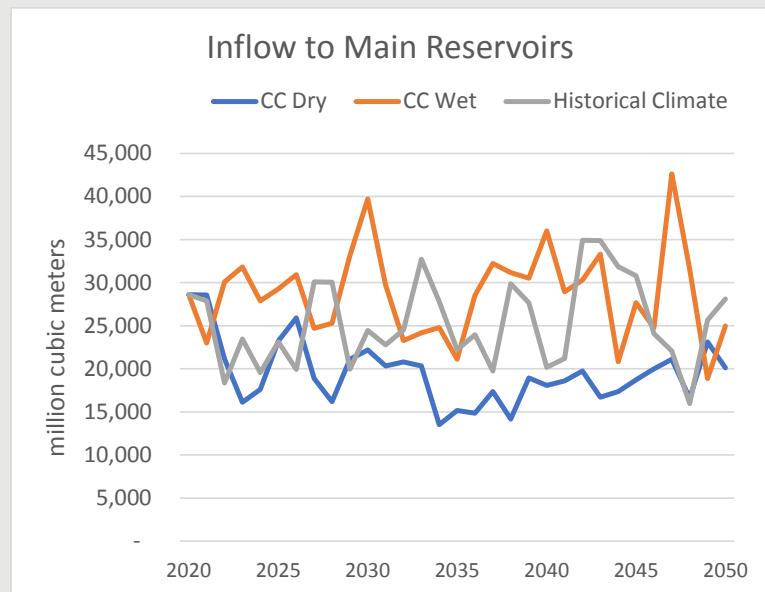
Потребность в воде в Сырдарье: по секторам. Влажный климат -



Притоки водохранилища

	Среднегодовой приток
CC Dry	19,525
CC Wet	28,706
Исторический климат	25,370

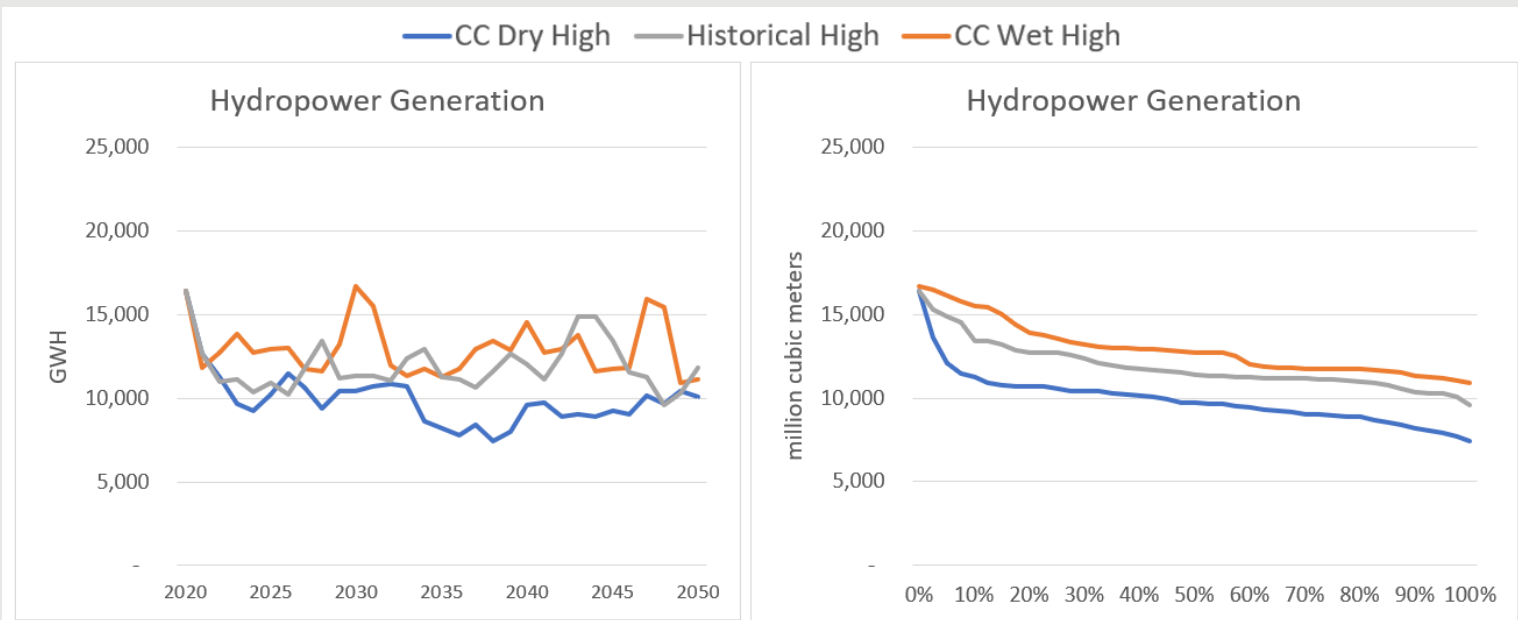
- Среднегодовой приток в водохранилища верхнего бассейна составляет от 76% до 113% от исторического уровня



Гидроэнергетика

	Среднегодовая генерация
CC Dry High Demand	9,915
CC Wet High Demand	12,971
Исторический климат Высокий спрос	11,907

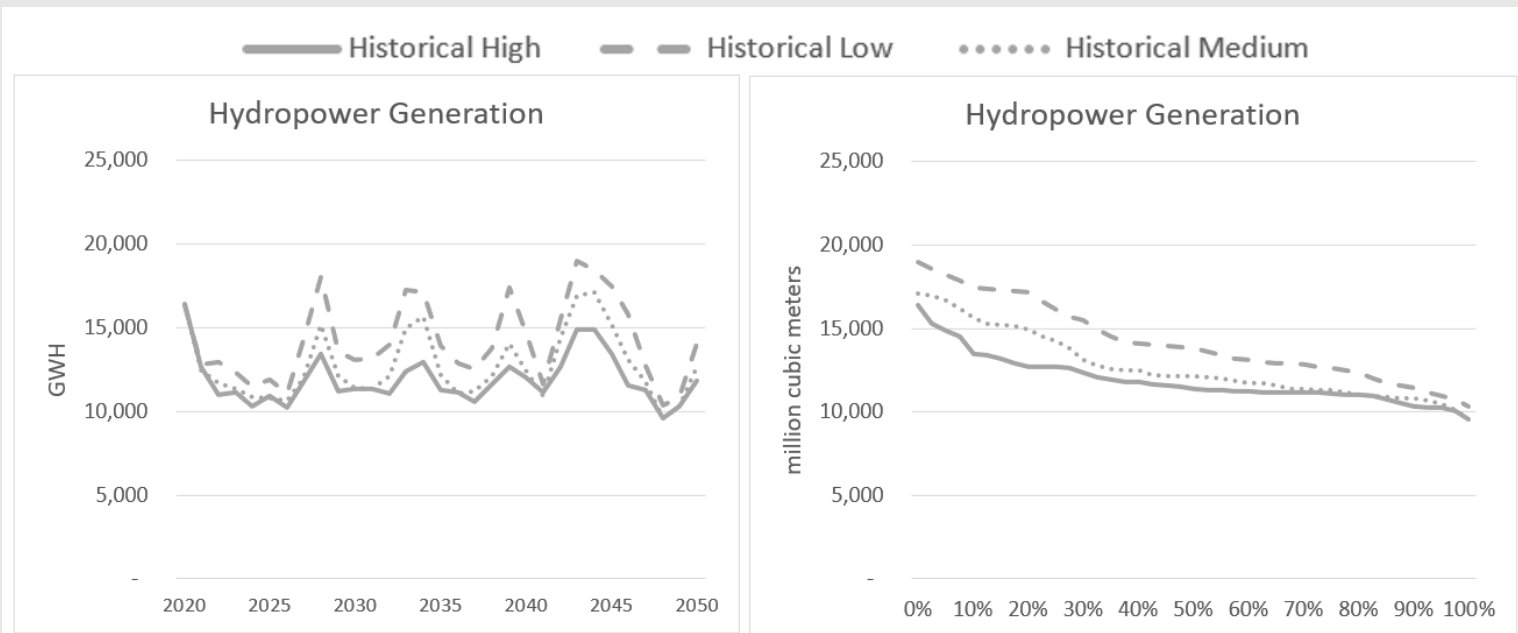
- Изменения в выработке гидроэлектроэнергии при изменении климата следуют за изменениями в притоках водохранилищ



Гидроэнергетика - Исторический климат

	Среднегодовая генерация
Исторический низкий спрос	14,215
Исторический средний спрос	12,709
Исторический высокий спрос	11,907

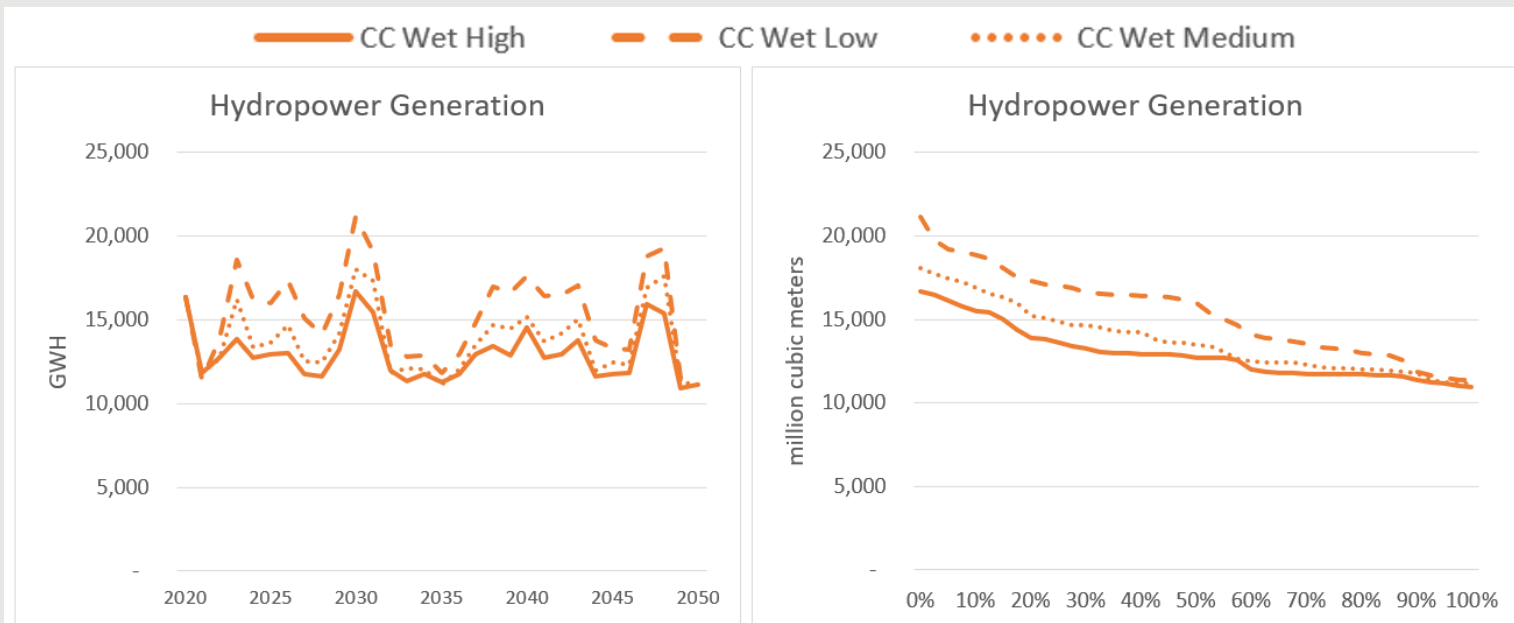
- Забор воды из хранилищ при сценариях повышенного спроса снижает производство гидроэлектроэнергии



Гидроэнергетика - влажный климат

	Среднегодовая генерация
CC Wet Low Demand	15,389
CC Влажный средний спрос	13,772
CC Wet High Demand	12,971

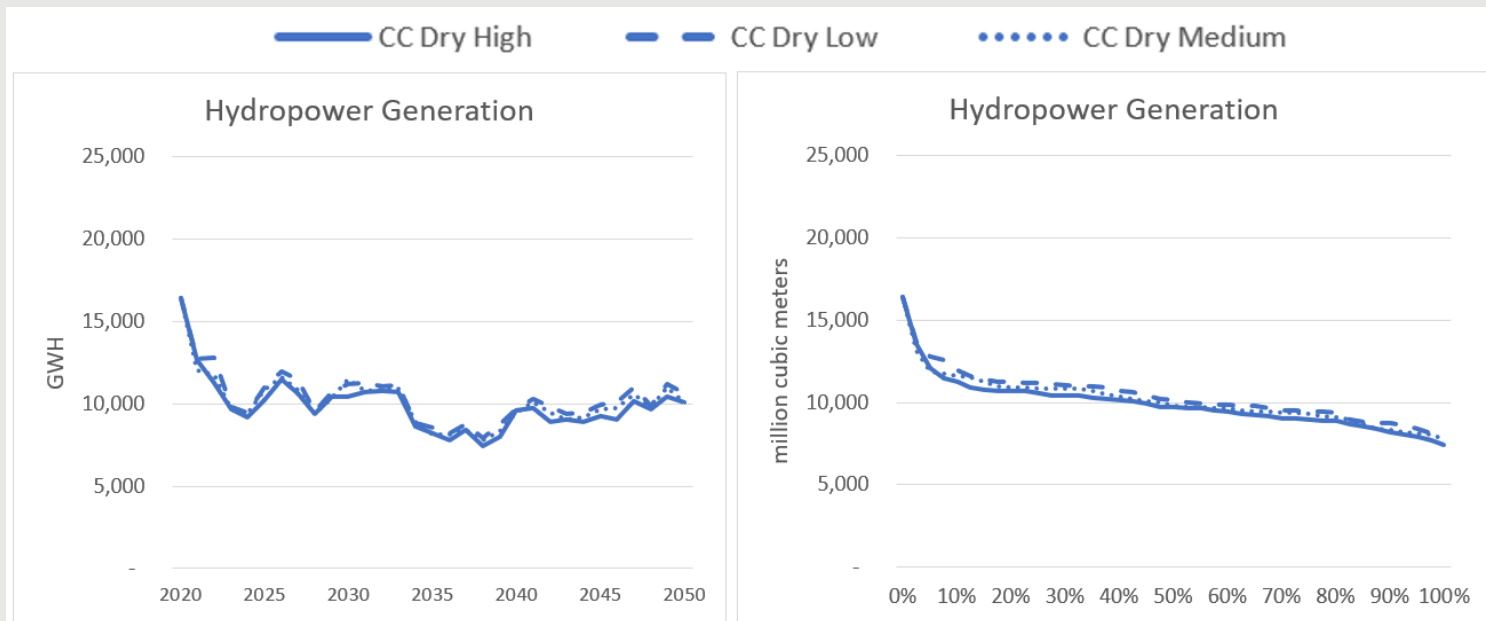
- Забор воды из водохранилищ при сценариях повышенного спроса снижает производство гидроэлектроэнергии



Гидроэнергетика - сухой климат

	Среднегодовая генерация
CC Wet Low Demand	10,424
CC Влажный средний спрос	10,133
CC Wet High Demand	9,915

- Сухой климат снижает производство гидроэлектроэнергии одинаково для всех сценариев спроса, поскольку хранилища извлекаются одинаково (т.е. предложение ограничено)

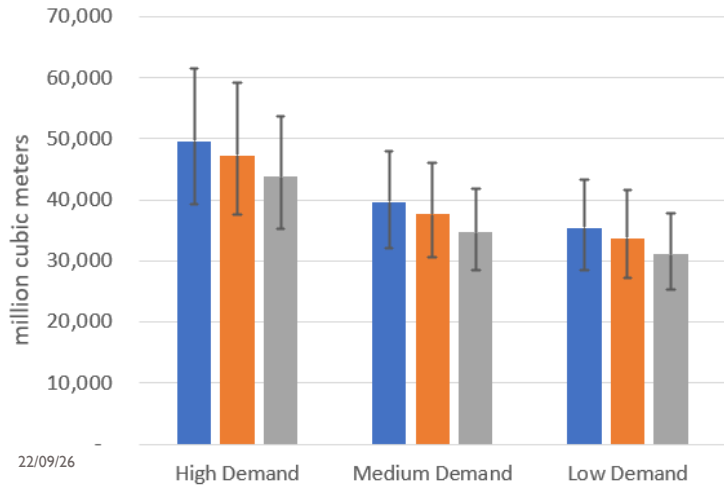


Потребность в воде

- Повышение температуры как при сухом, так и при влажном климате СС приводит к более высоким потребностям в воде по сравнению с историческим климатом

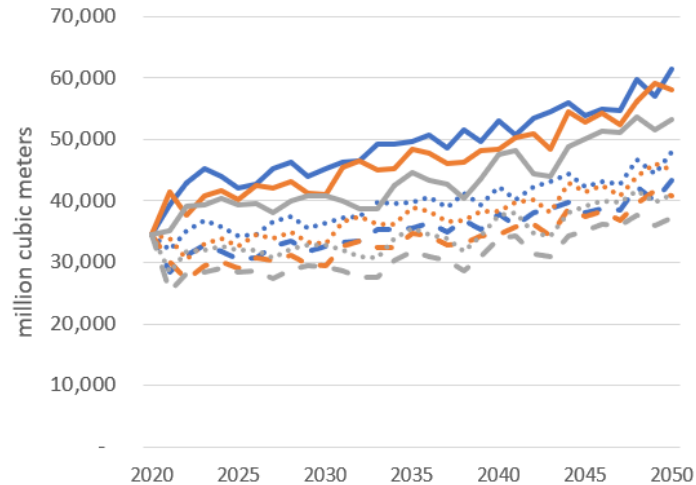
■ CC Dry ■ CC Wet ■ Historical Climate

Annual Water Demand



22/09/26

Annual Water Demand



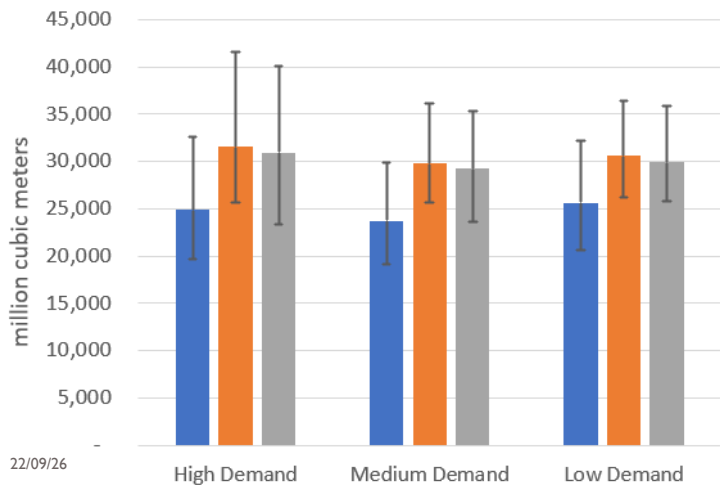
— CC Dry High Demand
- - CC Dry Low Demand
... CC Dry Medium Demand
— CC Wet High Demand
- - CC Wet Low Demand
... CC Wet Medium Demand
— Historical High Demand
- - Historical Low Demand
... Historical Medium Demand

Поставки воды (млн. куб. м)

- Каждый климатический сценарий испытывает ограничения на доступность водоснабжения
 - Исторические и CC Влажные ограничены примерно 35 000 млн. куб. м в год
 - CC Dry ограничена примерно 30 000 миллионами кубических метров в год

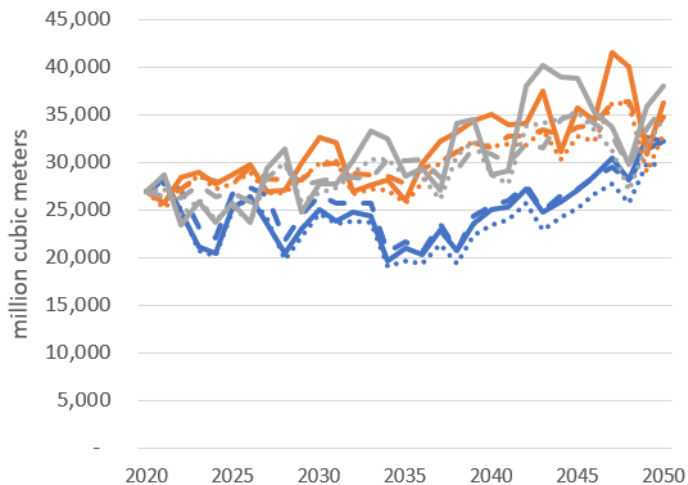
■ CC Dry ■ CC Wet ■ Historical Climate

Annual Supply Delivered



22/09/26

Annual Supply Delivered



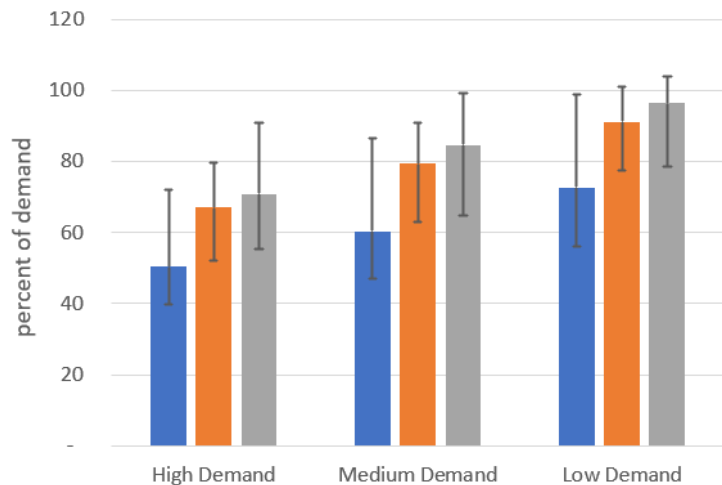
— CC Dry High Demand
- - CC Dry Low Demand
... CC Dry Medium Demand
— CC Wet High Demand
- - CC Wet Low Demand
... CC Wet Medium Demand
— Historical High Demand
- - Historical Low Demand
... Historical Medium Demand

Поставки воды (процент от спроса)

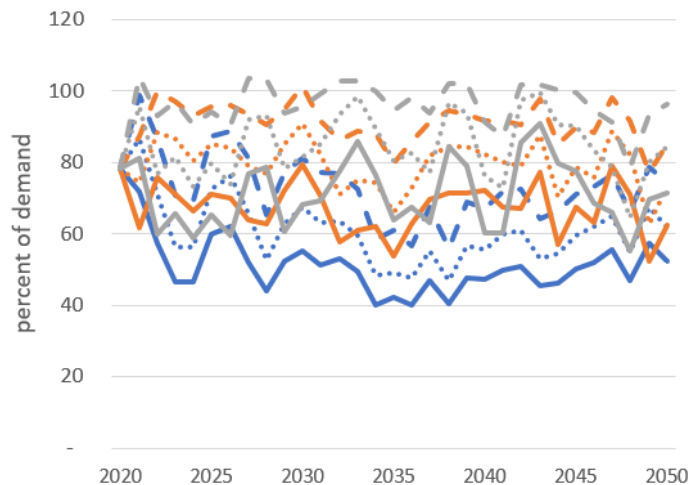
- Дефицит воды наблюдается во все годы при сценарии высокого спроса
- Надежность водоснабжения значительно повышается при сценариях с низким спросом

■ CC Dry ■ CC Wet ■ Historical Climate

Annual Supply Delivered



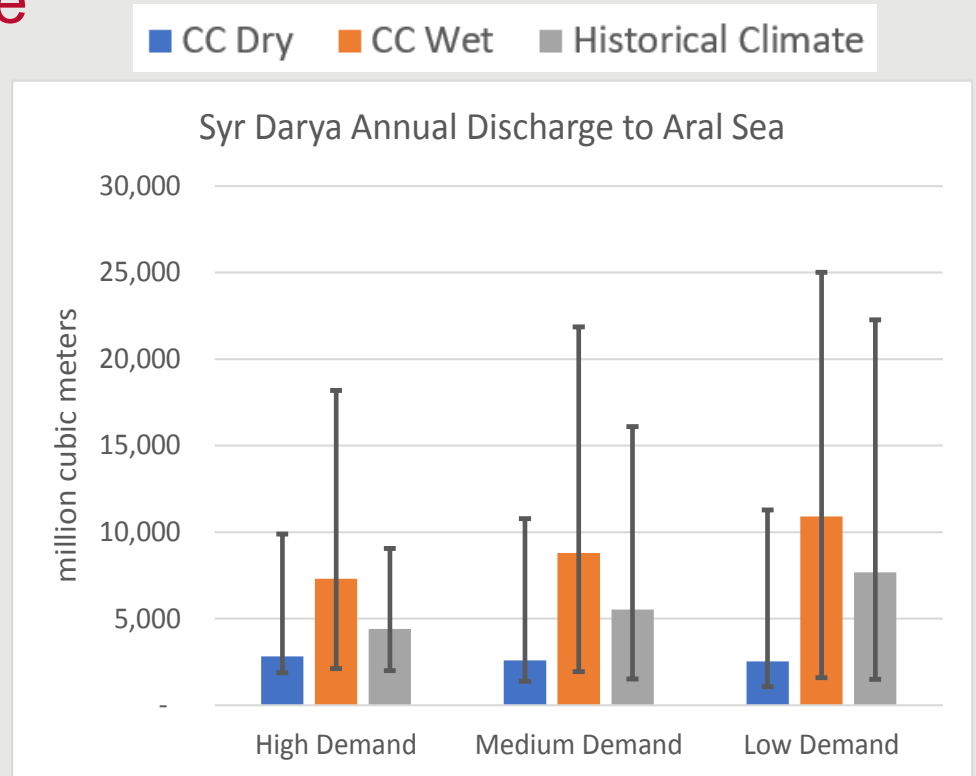
Annual Supply Delivered



— CC Dry High Demand
- - CC Dry Low Demand
... CC Dry Medium Demand
— CC Wet High Demand
- - CC Wet Low Demand
... CC Wet Medium Demand
— Historical High Demand
- - Historical Low Demand
... Historical Medium Demand

Приток в Аральское море

- Сток в Аральское море из реки Сырдарья значительно изменяется от года к году по всем сценариям
- При CC Dry уровень спроса мало влияет на сток в Аральское море
- Уровень спроса влияет на сток в Аральское море при сценариях влажного и исторического климата CC





Изменение климата по CMIP 6

Изменение климата

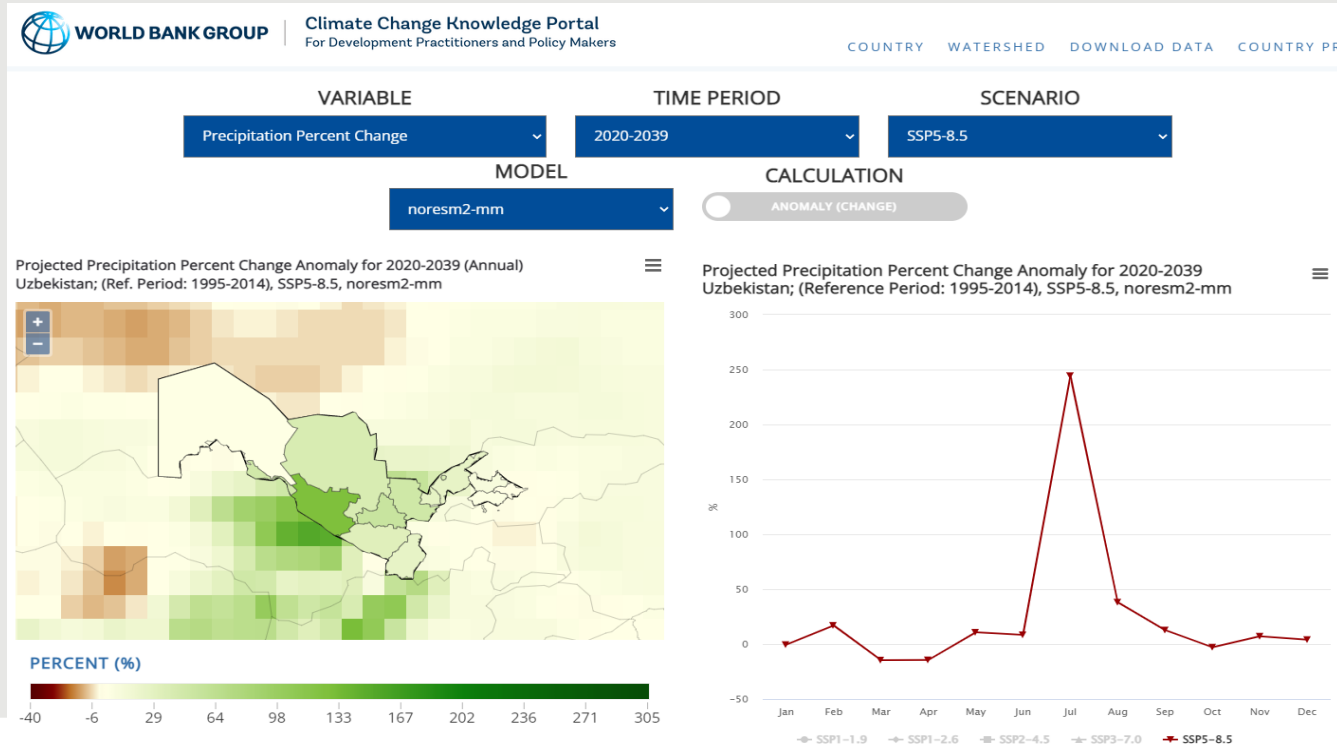
- CMIP6 - Фаза 6 Проекта по сопоставлению связанных моделей
- Выпущен в 2021 году
 - Представляет последние климатические прогнозы от большого числа глобальных климатических моделей (ГКМ от различных учреждений, участвовавших в CMIP в прошлом, а также новые ГКМ и учреждения).
 - Значительное расширение числа проводимых экспериментов по сравнению с CMIP
 - Среднее значение будущего изменения количества осадков над регионом, рассчитанное ансамблем нескольких моделей, немного более влажное по сравнению с серединой столетия.
 - Изменение сезонной структуры осадков - общая тенденция увеличения зимних и уменьшения летних осадков.

Climate Risk Country Profiles

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country-profiles>

Изменение климата

Модель влажного климата

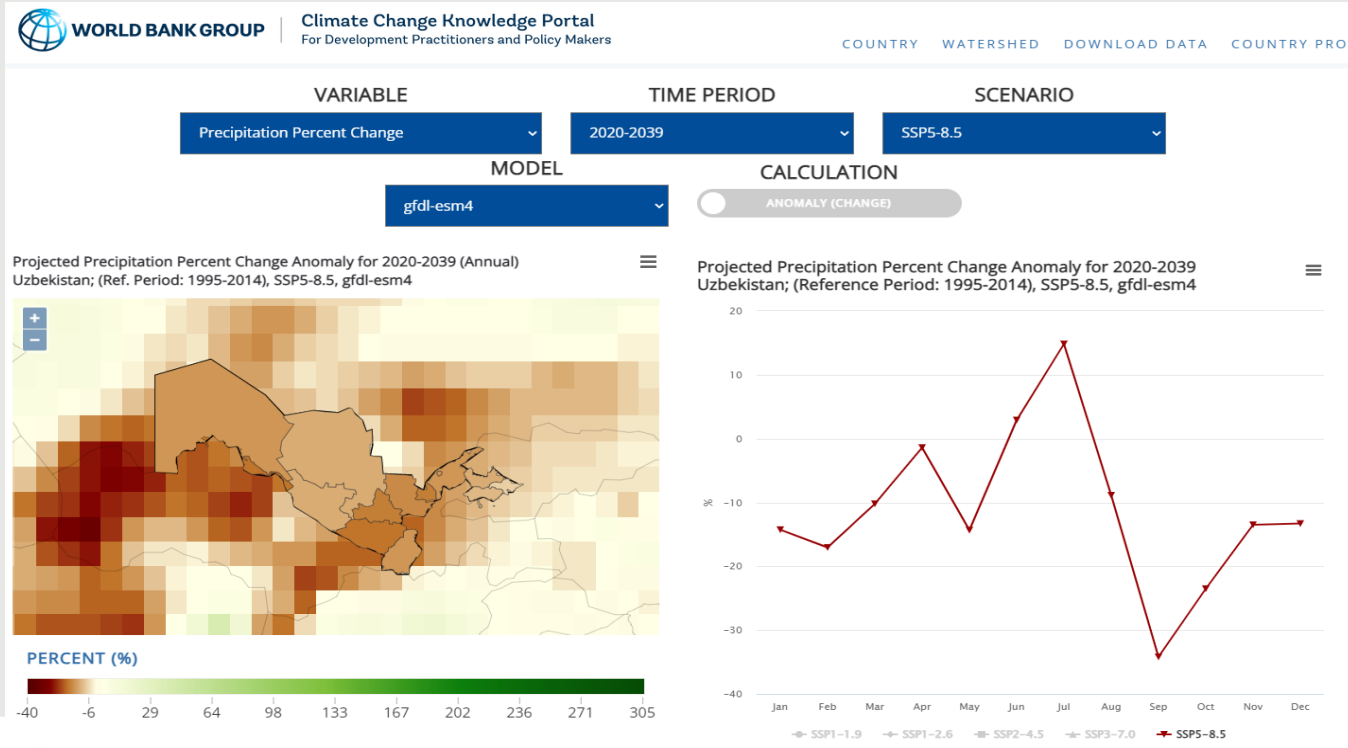


Climate Risk Country Profiles

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country-profiles>

Изменение климата

Модель сухого климата

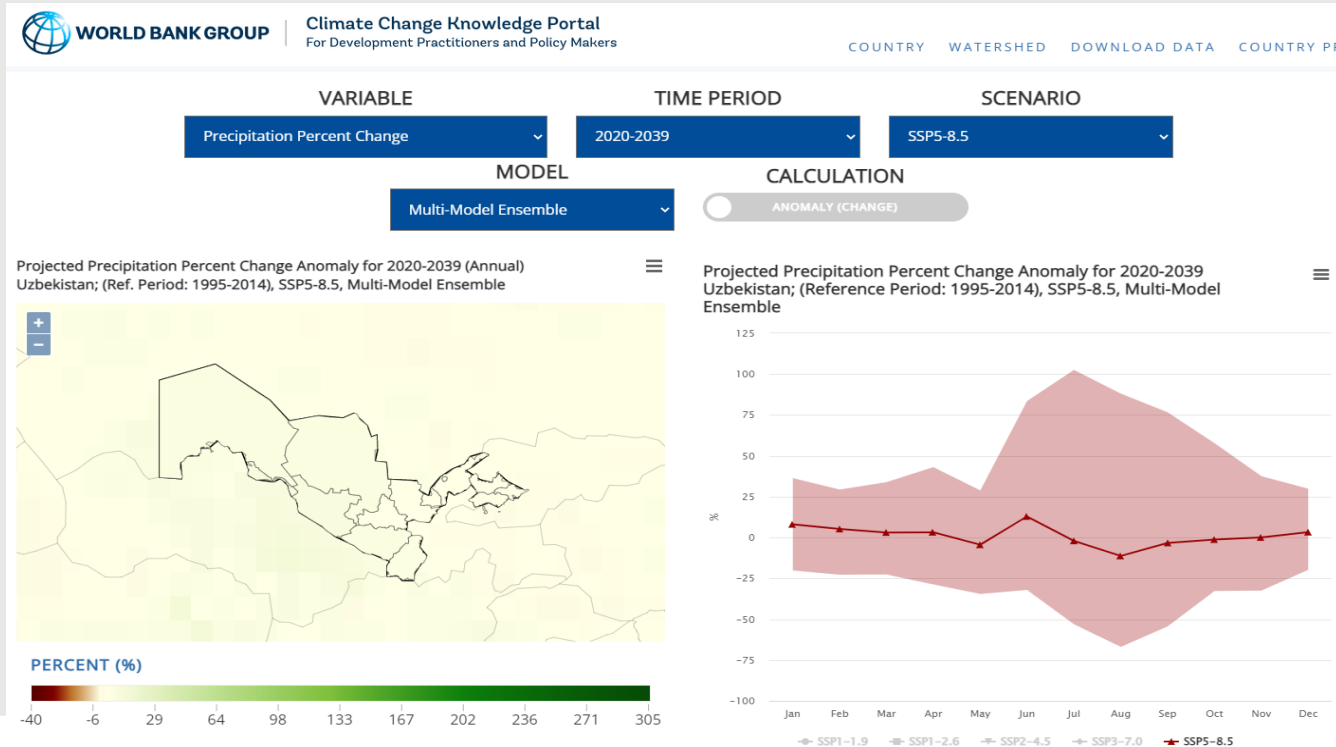


Climate Risk Country Profiles

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country-profiles>

Изменение климата - 2020-2039 гг.

Среднее значение по нескольким моделям (Осредненная мультимодель)

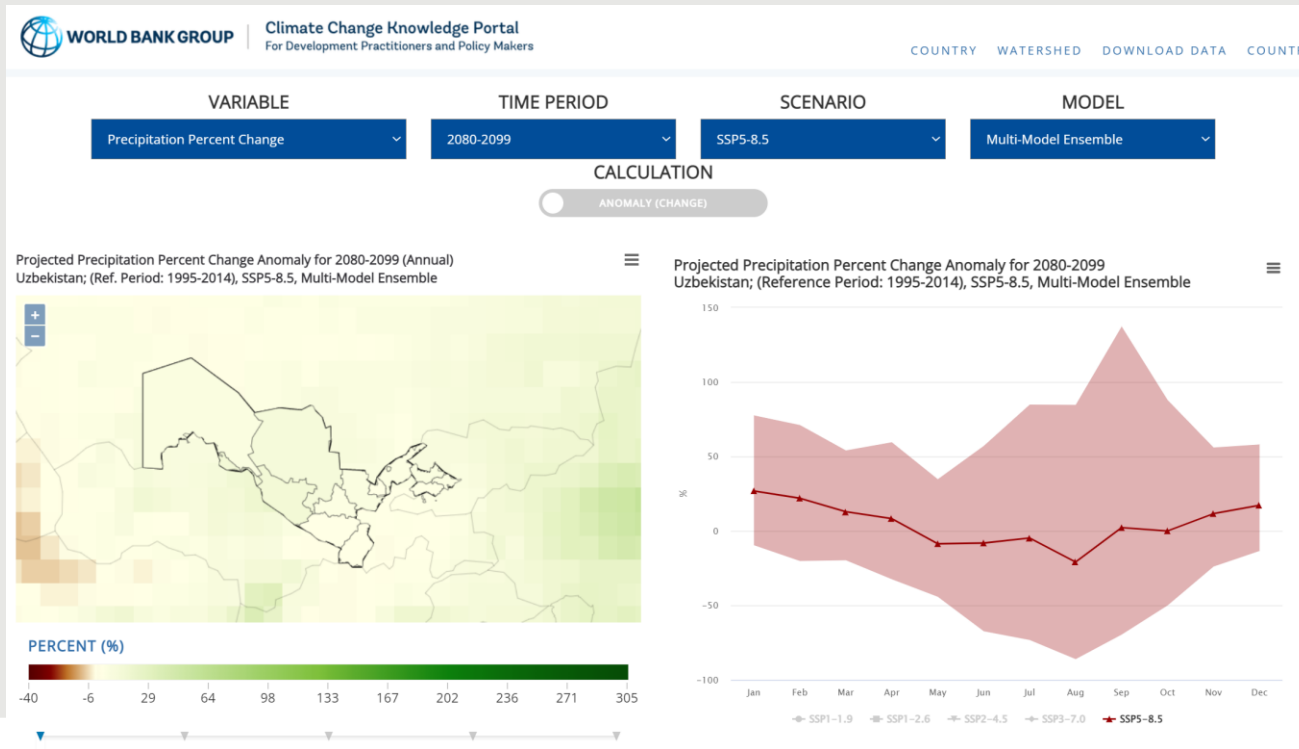


Climate Risk Country Profiles

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country-profiles>

Изменение климата - 2080-2099 гг.

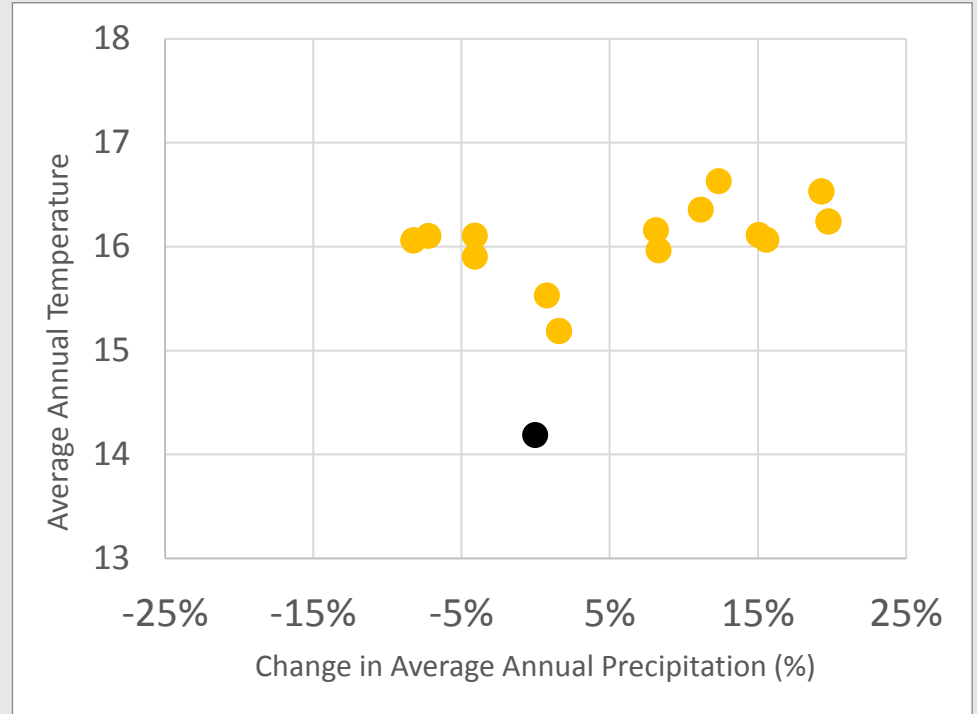
Среднее значение по нескольким моделям (Осредненная мультимодель)



Изменение климата

- Все прогнозы указывают на повышение температуры, от 1 до 2,4 градусов °C к 2050 году
- Среднегодовое количество осадков колеблется между 91% и 120% от исторического уровня

Прогнозируемое изменение температуры и осадков (2030-2050) ● Historical ● CMIP6



Резюме



- Первоначальная калибровка базовой модели WEAP обеспечивает разумную аппроксимацию водоснабжения, спроса и производства гидроэлектроэнергии
- Предварительная оценка потенциального воздействия изменения климата свидетельствует о возрастающих проблемах для полного удовлетворения потребностей в воде
- Предварительная оценка мероприятий по снижению спроса на воду позволяет предположить, что надежность водоснабжения может существенно возрасти, обеспечивая при этом значительно больше воды в Аральском море

Обзор LEAP для бассейна реки Сырдарья



- Обзор сферы применения и структуры в модели LEAP. Методы моделирования и ключевые источники данных для Сырдарьинского бассейна
- Результаты моделирования в LEAP для Сырдарьинского бассейна



Обзор сферы применения и структуры модели LEAP. Методы моделирования и ключевые источники данных для Сырдарьинского бассейна

Обзор модели

Модель энергетической системы для стран бассейна реки Сырдарья

Моделирует весь спрос и предложение энергии в каждой стране

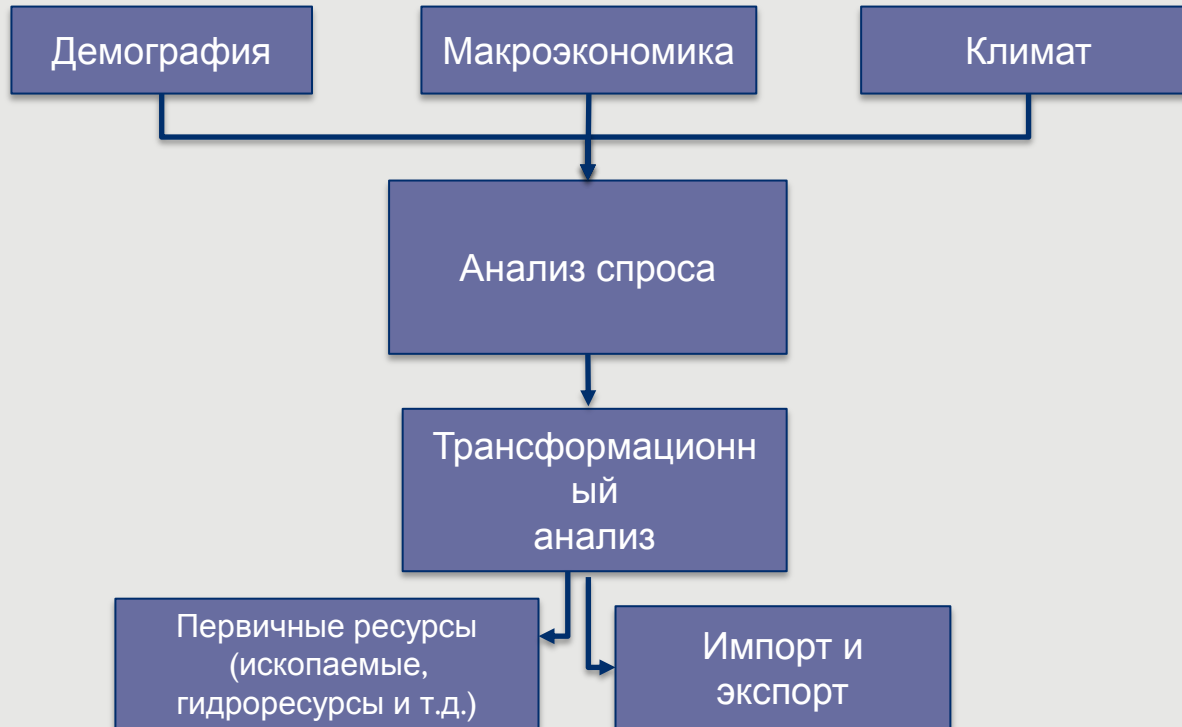
Географическая структура: по каждой стране в отдельности

- Казахстан
- Кыргызстан
- Таджикистан
- Узбекистан

Временная структура: 2010-2050 годы (исторические данные до 2020 года)

- Временная нарезка (разбивка) для электроэнергии: 1 репрезентативный день (24-часовое разрешение) в месяц

Структура модели LEAP



Пользовательский интерфейс LEAP: Обзор



Analysis

Analysis (Анализ) – это секция, где вы вводите или просматриваете исходные данные и строите свою модель и сценарии.



Results

Results (Результаты) - это секция, где вы изучаете результаты ваших сценариев в виде графиков и таблиц.



Energy Balance

Energy Balance (Баланс энергии) позволяет увидеть результаты расчетов энергии в виде специально отформатированных таблиц энергетического баланса и диаграмм Sankey.



Summaries

Summaries (Свод результатов) позволяют создавать собственные настраиваемые табличные отчеты, включая сводные отчеты о затратах и выгодах, МАСС и анализы разбивки данных.



Overviews

Overviews (Обзоры) используются для группировки "Любимых" графиков, созданных ранее в секции Результаты



Technology Database

Technology Database (технологическая база данных) содержит стандартные данные о технических характеристиках, стоимости и воздействии на окружающую среду различных энергетических технологий, доступных на международном уровне и в конкретных регионах



Notes

Notes (записи) это простой инструмент обработки текстов, с помощью которого вы можете вводить документацию и ссылки для различных частей вашей модели

Пользовательский интерфейс

Главное меню и панель инструментов обеспечивают доступ к основным опциям.

Данные организованы в виде дерева. Доступные переменные зависят от вашего местоположения!

Выберите здесь входную переменную.

Выберите регион здесь

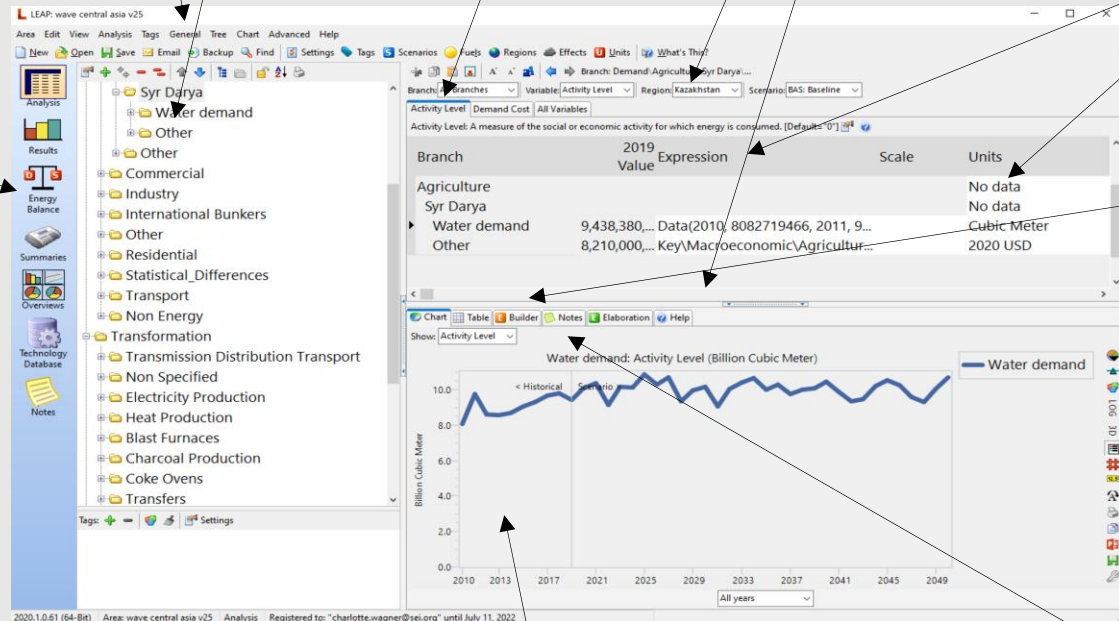
Редактируйте данные и выражения (формулы), набирая текст здесь.

Выберите сценарий здесь.

Здесь выберите единицы измерения и масштабные коэффициенты.

Используйте вкладку Конструктор, если вам нужно больше места при вводе выражения.

Выберите другой вид здесь.



Строка состояния показывает текущую версию LEAP, модель, представление и пользователя.

Входные данные можно просмотреть в формате диаграммы или таблицы.

**Представление
анализа:
проектирование и
конструирование
моделей**

Используйте вкладку Примечания для документирования вашей модели.

Дезагрегирование спроса на энергию

Сельское хозяйство

в Сырдарье (перекачка воды и другое), за пределами Сырдарьи, по видам топлива

Промышленность

по подсекторам, по видам топлива

Жилой сектор

городские и сельские, по видам топлива

Транспорт

по видам транспорта (например, автомобильный), по видам топлива

Коммерческий сектор
Международные бункеры
Неэнергетические
Статистические различия
Другое

по топливу

Деагрегирование энергоснабжения

Производство
электроэнергии

индивидуальное моделирование крупных
гидростанций на реке Сырдарья, другие
генерирующие мощности сгруппированы по
технологиям

Прочее производство
энергии

по секторам (например, производство тепла,
нефтеперерабатывающие заводы, добыча
угля), по технологиям

Передача, распределение
и транспортировка энергии

потери по видам топлива

Другие категории для
согласования с
энергетическими балансами

по категориям (например, неспецифическая
трансформация, трансферты, изменения
запасов), по видам топлива

Ключевые источники данных

Энергетические балансы: Энергетические балансы МЭА (2021)

Население: Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики (2021); ООН "Перспективы мирового населения" (2019); Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан (2021)

Валовой внутренний продукт (ВВП): Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики (2021); Всемирный банк ВВП в текущих долларах США (2020); Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан

Отраслевая добавленная стоимость: Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики (2022); Национальный статистический комитет Кыргызской Республики (н.д.); Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан (н.д.); Государственный статистический комитет Республики Узбекистан (2022).

Электростанции: База данных UDI World Electric Power Plants (2020)

Градусо-дни охлаждения и нагрева: Глобальная сеть исторической климатологии Ежедневные данные о температуре, NOAA (2022)

Цены на топливо: Шаблон энергетических субсидий Международного валютного фонда (2015 и 2021 гг.)

Методы моделирования - спрос на энергию

Анализ деятельности

*HDD=Дни с градусом нагрева, CDD=Дни с градусом охлаждения

Уровень активности			Движущие силы изменений в энергоемкости				
			ВВП	Личный доход	Цены на топливо	HDD*	CDD*
Сельское хозяйство	Сырдарья - перекачка воды	Объем перекачиваемой жидкости	На основе WEAP				
	Сырдарья - все остальное	Добавленная стоимость (в % от сельскохозяйственной площади)	постоянная				
	Прочее (за пределами Сырдарьи и рыбн. хоз-ва)	Добавленная стоимость	постоянная				
Коммерческая		Добавленная стоимость		✓	✓	✓	для электроэнергии

Уровень активности может также зависеть от: ВВП, роста населения, урбанизации, размера домохозяйства и прошлых тенденций

Методы моделирования - спрос на энергию (продолжение)

Анализ деятельности

*HDD=Дни с градусом нагрева, CDD=Дни с градусом охлаждения

			Движущие силы изменений в энергоемкости				
		Уровень активности	ВВП	Личный доход	Цены на топливо	HDD*	CDD*
Промышленность	Подсектора	Добавленная стоимость			✓		
Жилой сектор	Городские/сельские	Домашнее хозяйство		✓	✓	✓	для электроэнергии
Транспорт	Дорога	Автомобиле-км	✓	✓			
	Железнодорожный транспорт/авиация/навигация	Тонно-км	✓	✓			
	Трубопровод/прочее	ВВП					

Уровень активности может также зависеть от: ВВП, роста населения, урбанизации, размера домохозяйства и прошлых тенденций

Методы моделирования - энергоснабжение

Производство электроэнергии

- Оптимизация с наименьшими затратами, калиброванная по данным энергетического баланса на 2010-2019 гг.
- Ограничения на новые мощности
 - Ископаемые источники: нет
 - Ветер и солнце: лимиты ресурсов из Центрально-Азиатского регионального обзора данных
 - Гидроэнергетика и биогаз: Нет новых мощностей, но выбывшие мощности могут быть заменены (временное предположение до дальнейшего моделирования WEAP)

Прочее производство энергии

- Моделирование на основе правил, которое воспроизводит исторические поставки и удовлетворяет будущие потребности в поставках с учетом импорта и экспорта, а также запасов невозобновляемых ресурсов.
- Мощности не моделируются, за исключением добычи невозобновляемых ресурсов (уголь, нефть, газ), которая ограничена запасами

Методы моделирования - энергоснабжение (продолжение)

Передача, распределение и транспортировка энергии

- Окончательные показатели убытков за прошлые годы сохраняются и в будущем

Импорт и экспорт

- Импорт и экспорт за последний исторический год продолжают в будущем
- Другой импорт разрешен по мере необходимости для удовлетворения потребностей в поставках

Запасы невозобновляемых ресурсов

- Запасы по данным BP Statistical Review of World Energy 2021; энергетические профили МЭА для Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана

Методы моделирования - прогнозы ключевых факторов

Население: ООН Перспективы мирового населения 2019 (до 2050 года)

ВВП: Перспективы развития мировой экономики МВФ (2021) до 2026 года, экстраполяция тенденций 2017-2026 годов до 2050 года

Отраслевая добавленная стоимость: Представленные значения до 2021 года, где имеются данные, экстраполяция тенденций 2010-2019 годов до 2030 года, отсутствие изменений в секторальных/субсекторальных долях ВВП после 2031 года

- *Исключения - доли ВВП для сельского хозяйства поддерживаются на уровне последних исторических значений во всех странах; доли ВВП для промышленности поддерживаются на уровне последних исторических значений в Узбекистане*

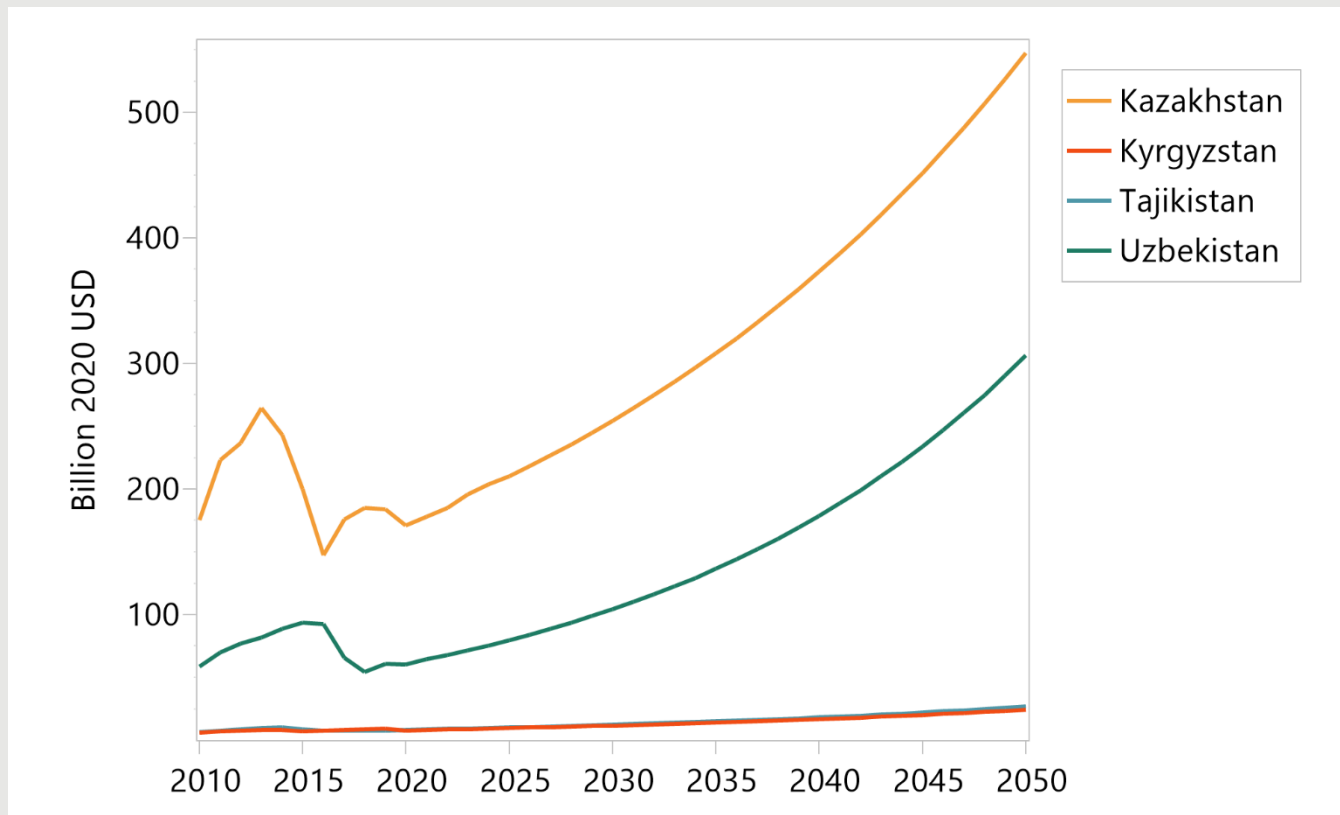
Цены на топливо:

- Цены конечного потребителя: Шаблон МВФ по энергетическим субсидиям (2021) до 2026 года, затем постоянные
- Цены в энергетическом секторе: Генеральный план развития энергетического сектора Таджикистана на 2017 год, Перспективы мировой энергетики МЭА на 2021 год, Ежегодный отчет по углю Управления энергетической информации США на 2021 год, Ежегодный технологический базис Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии США на 2021 год.

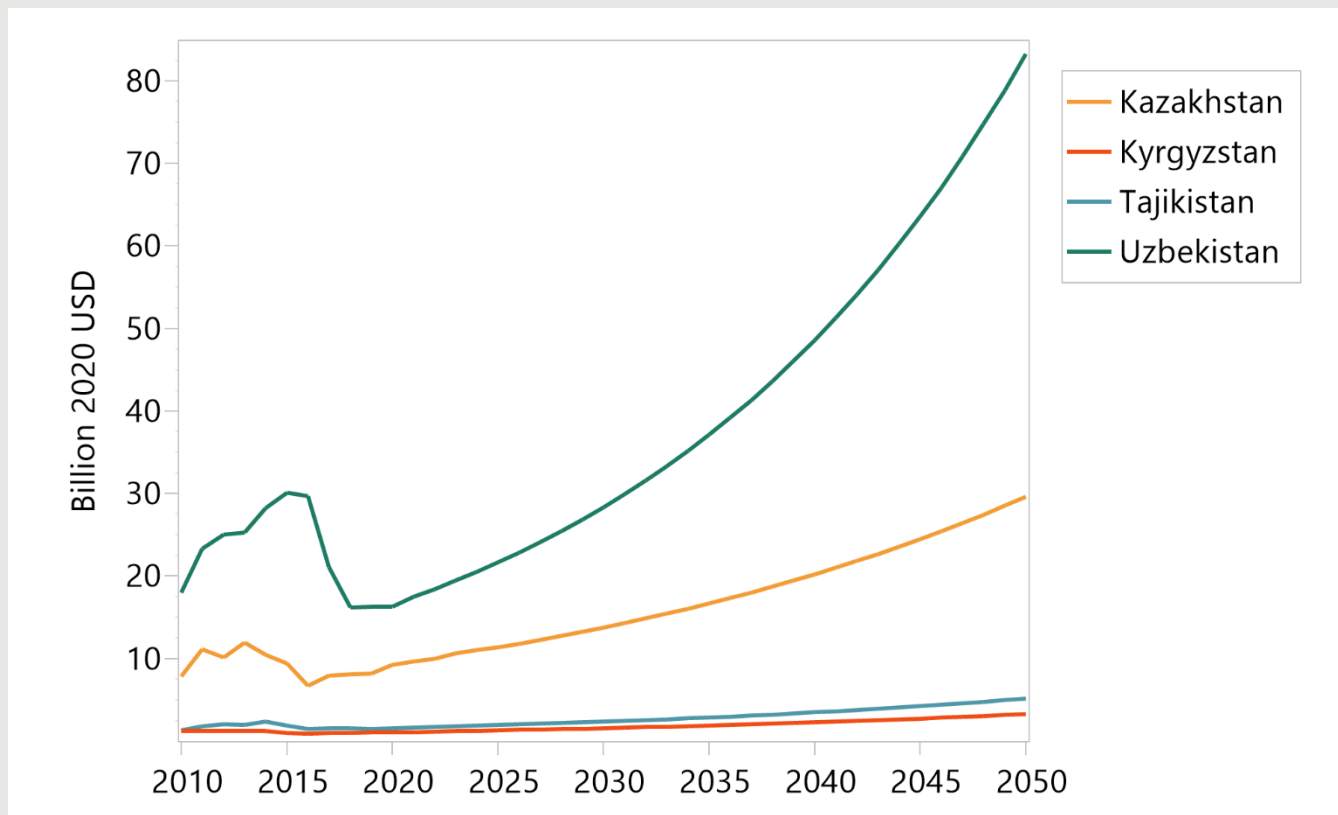


Результаты моделирования в LEAP для Сырдарьинского бассейна

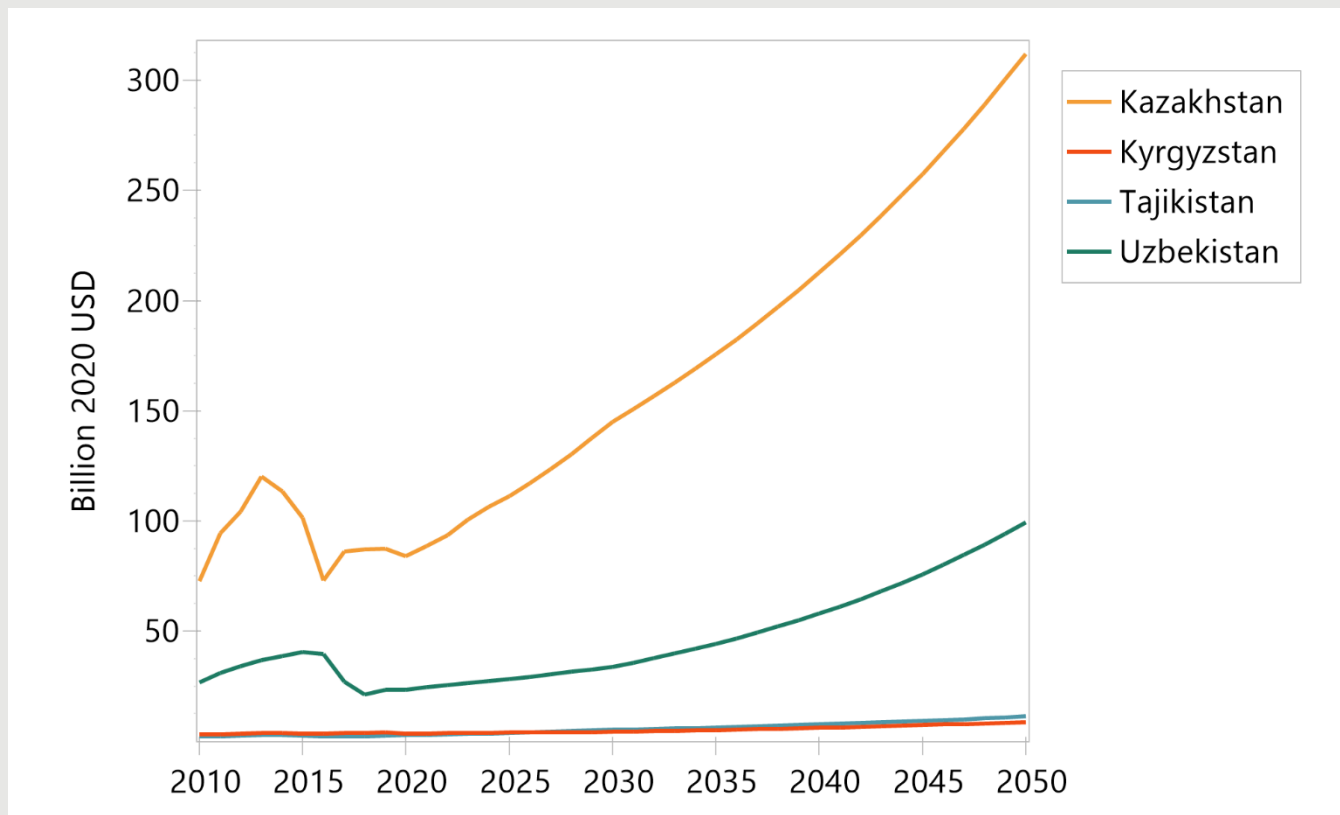
ВВП



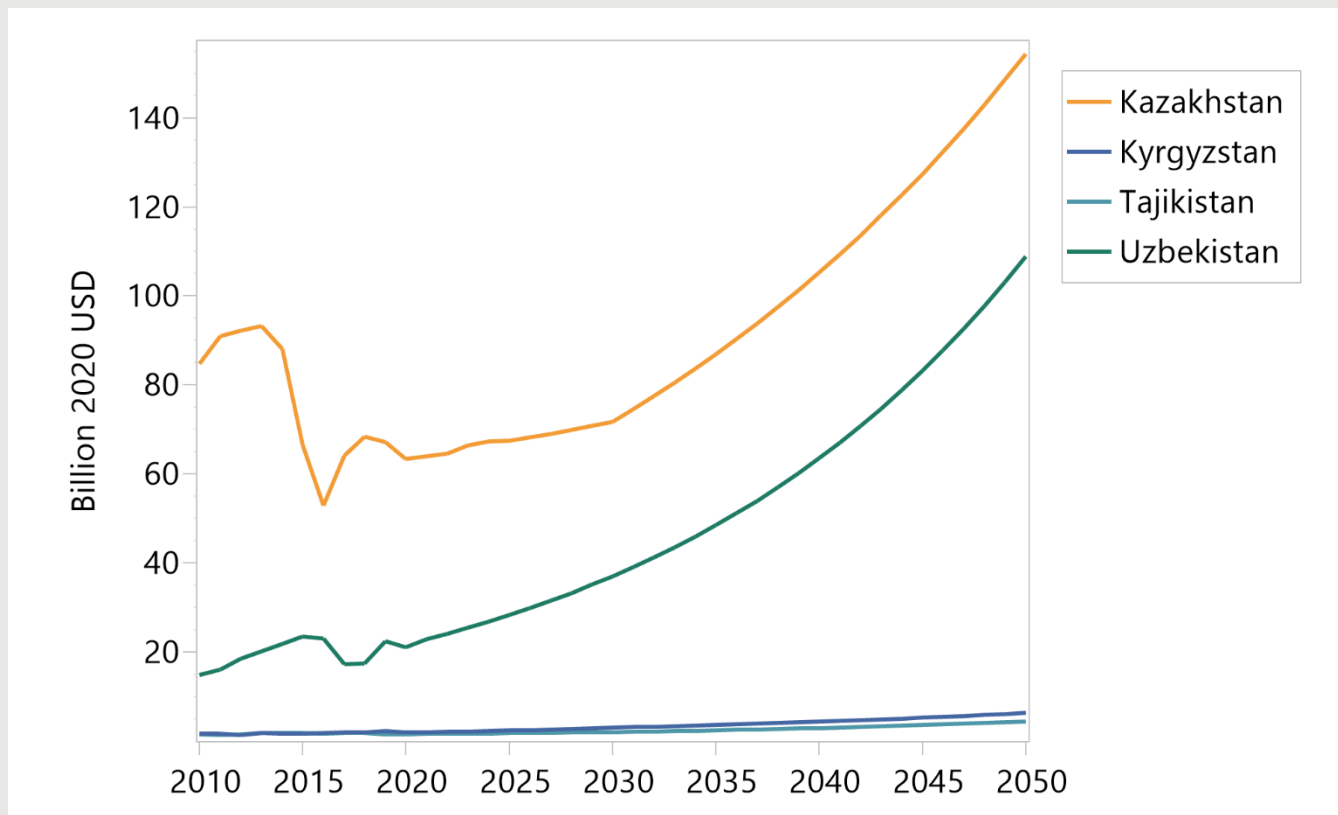
Добавленная стоимость в сельском хозяйстве



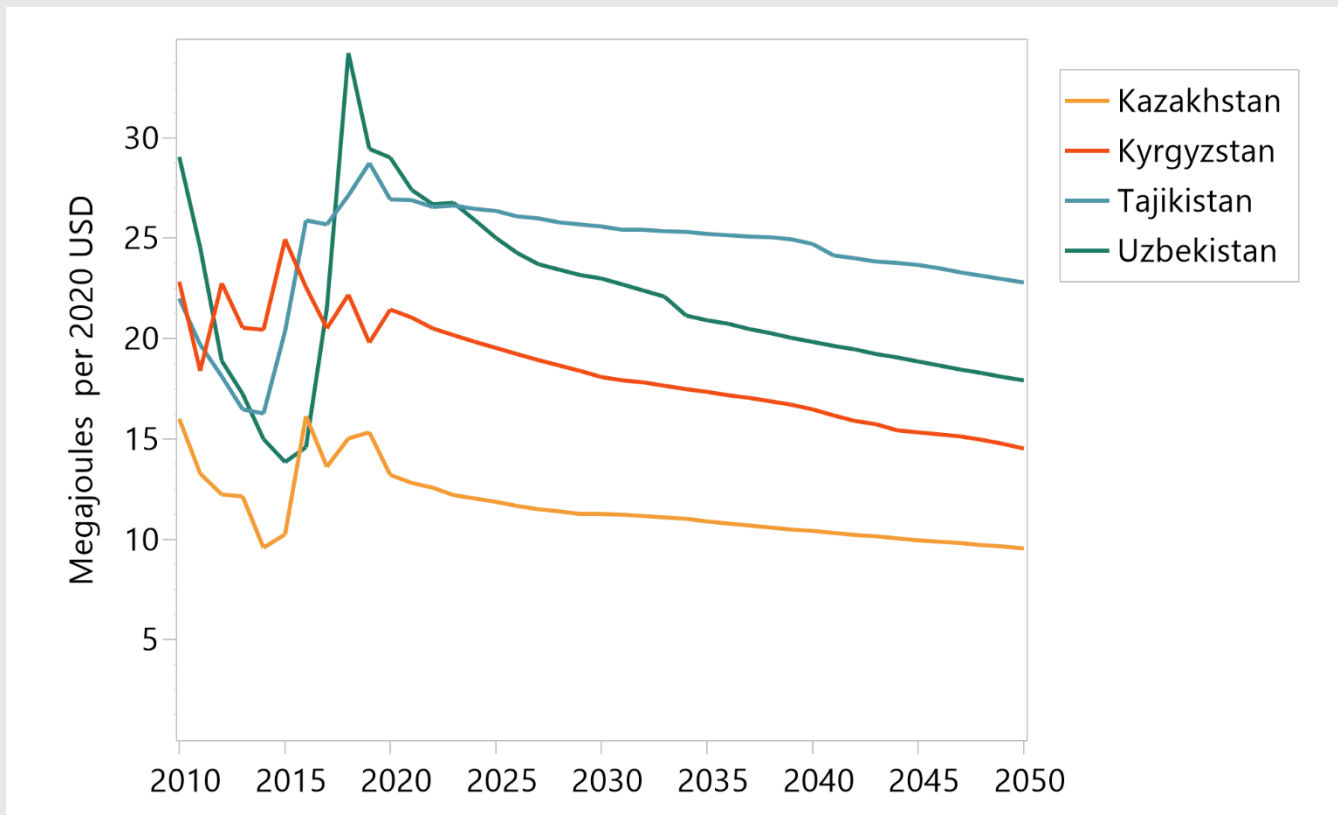
Коммерческая добавленная стоимость



Добавленная стоимость в промышленности

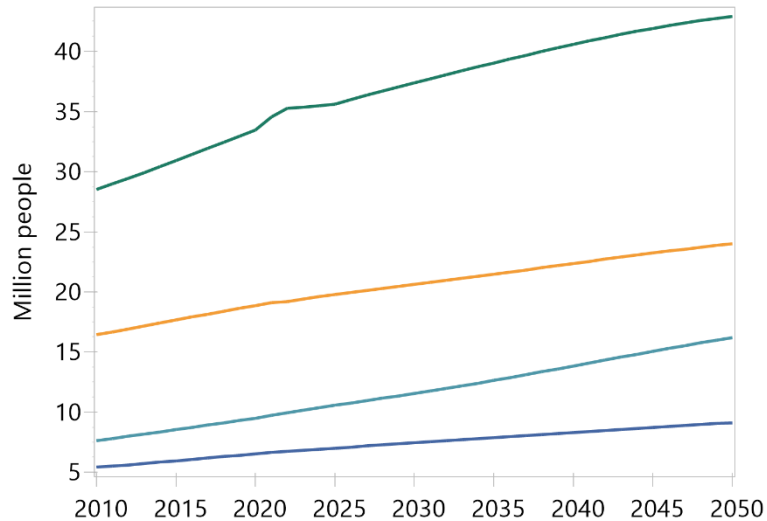


Энергоемкость ВВП

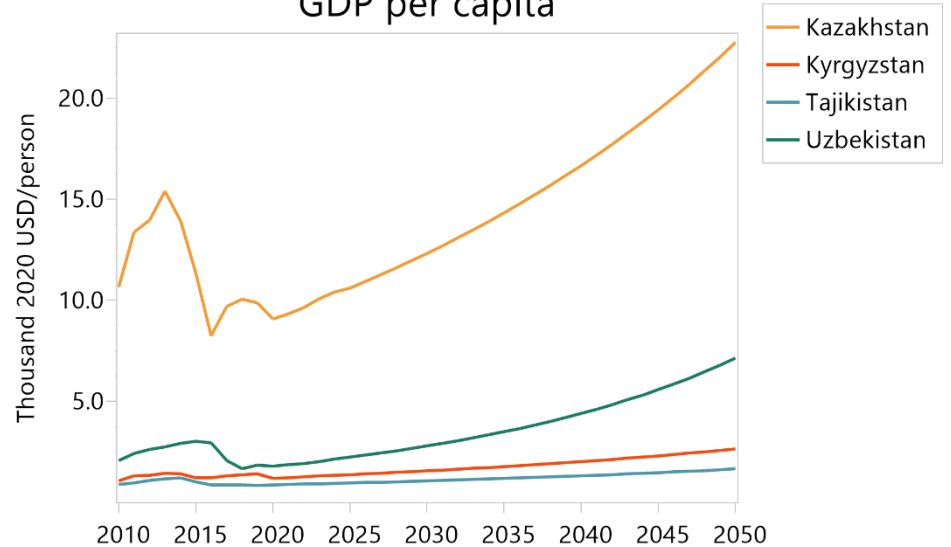


Население и доход

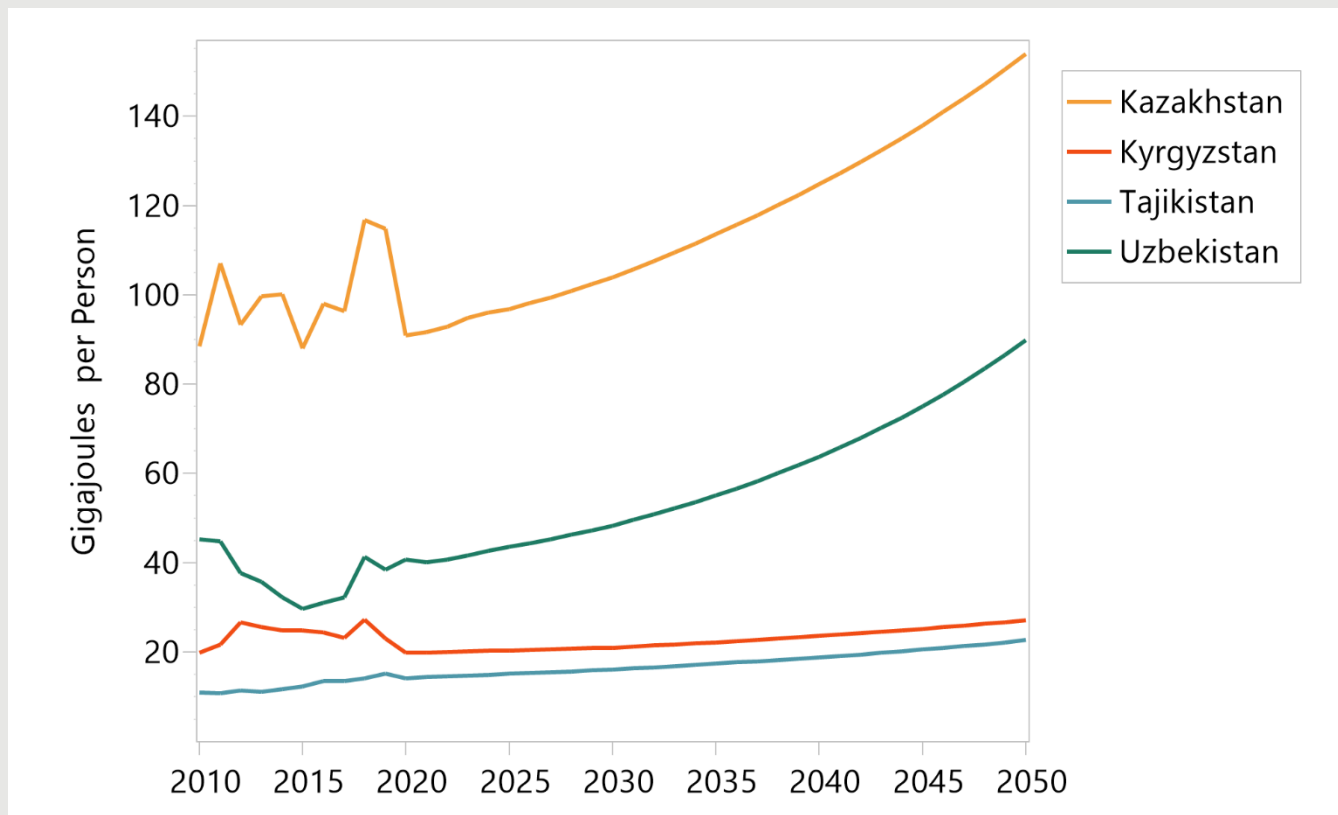
Population



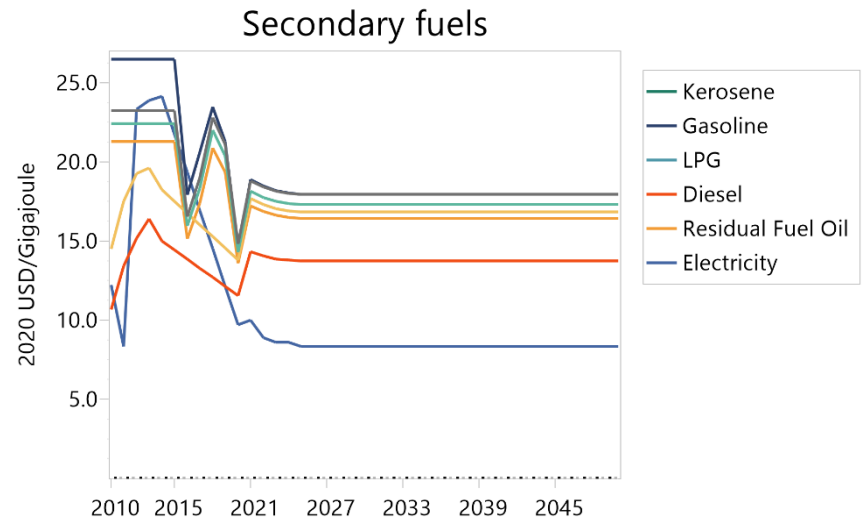
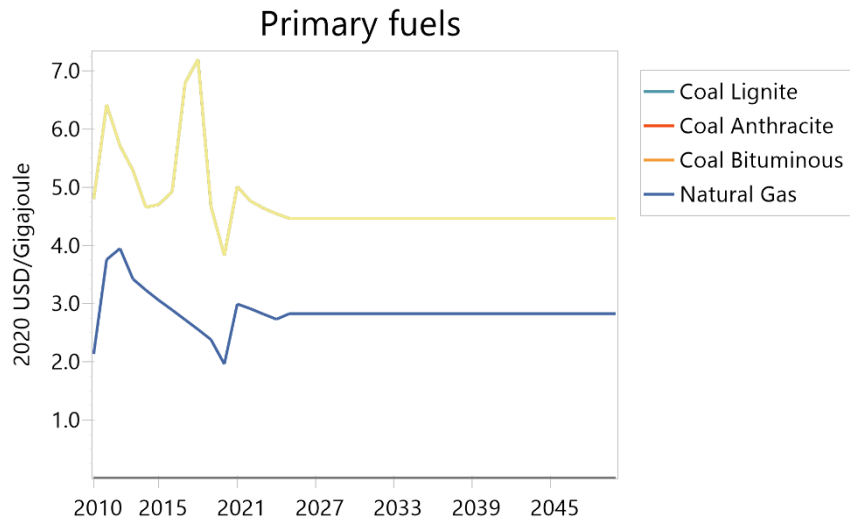
GDP per capita



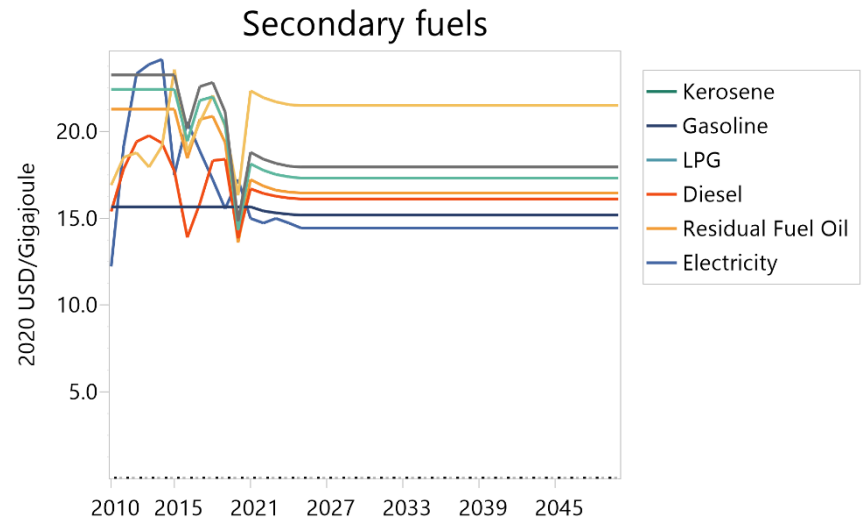
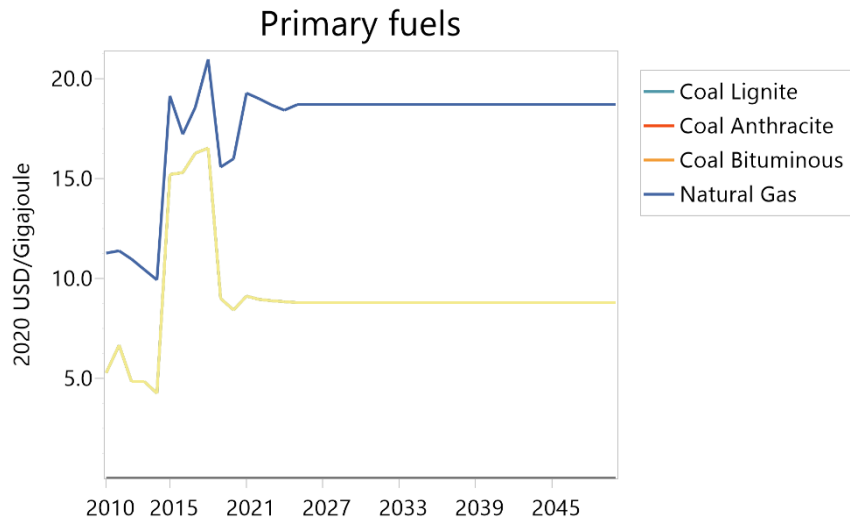
Конечный спрос на энергию на душу населения



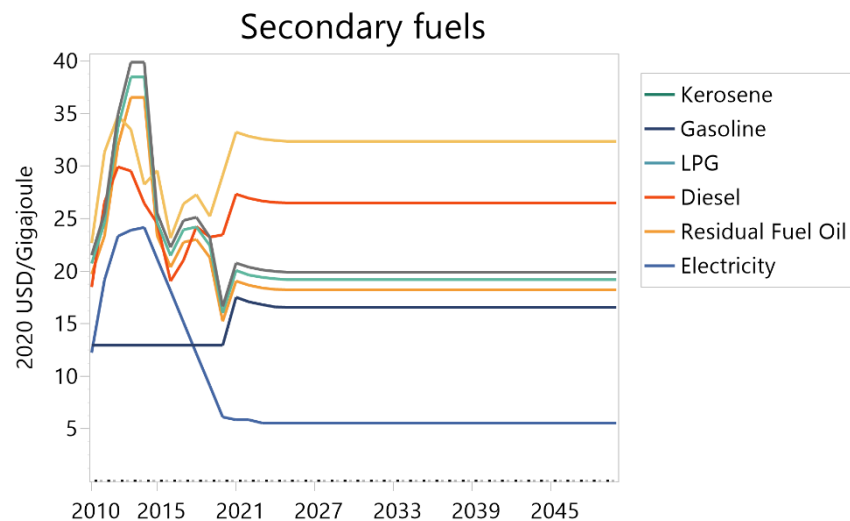
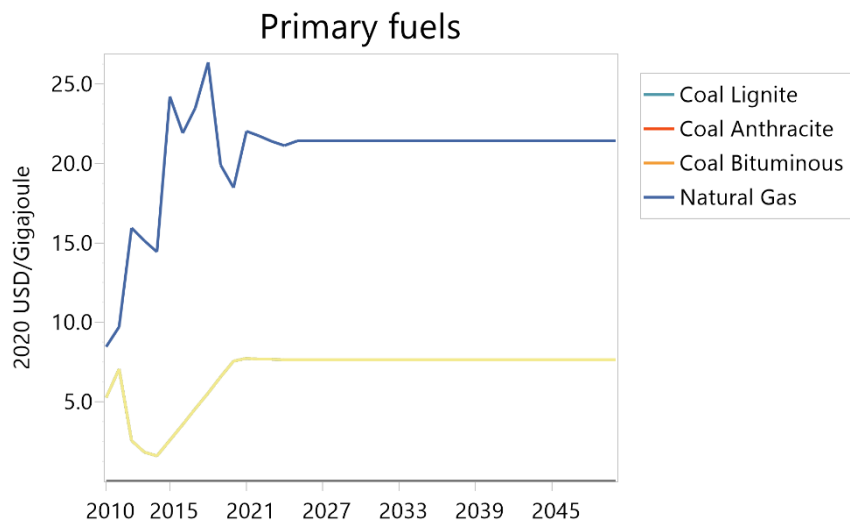
Казахстан - Цены на топливо для конечных потребителей



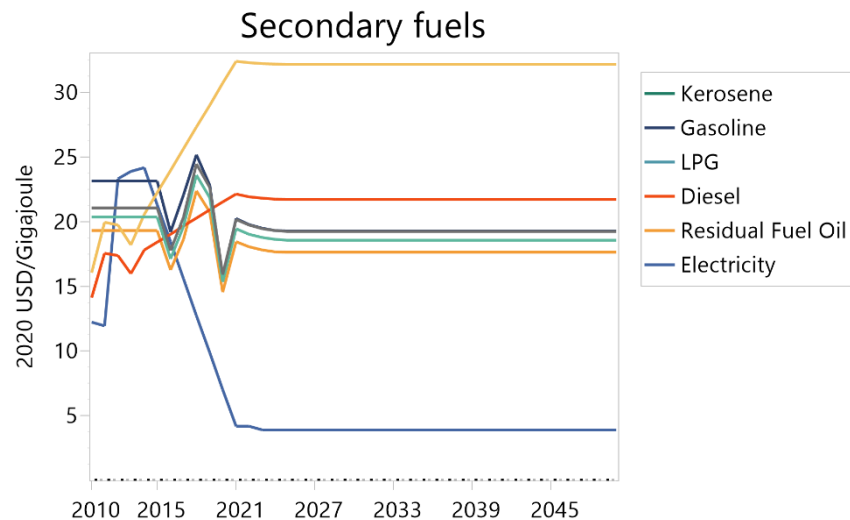
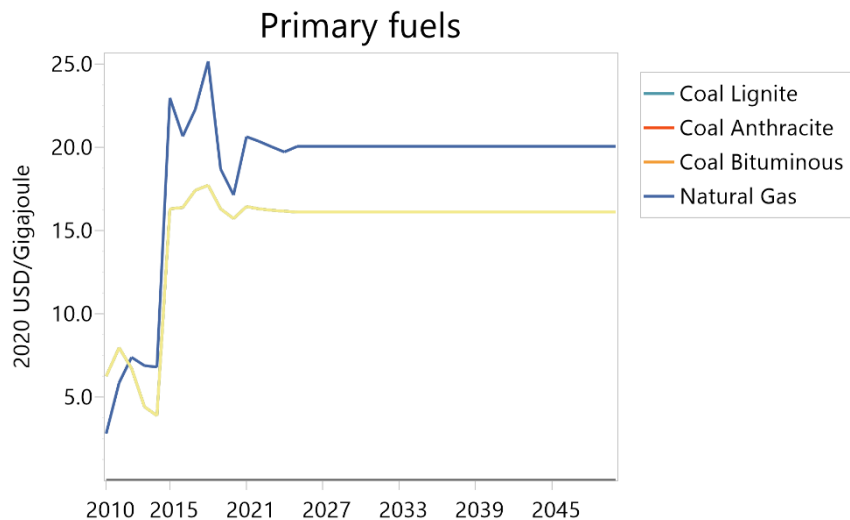
Кыргызстан - Цены на топливо для конечных потребителей



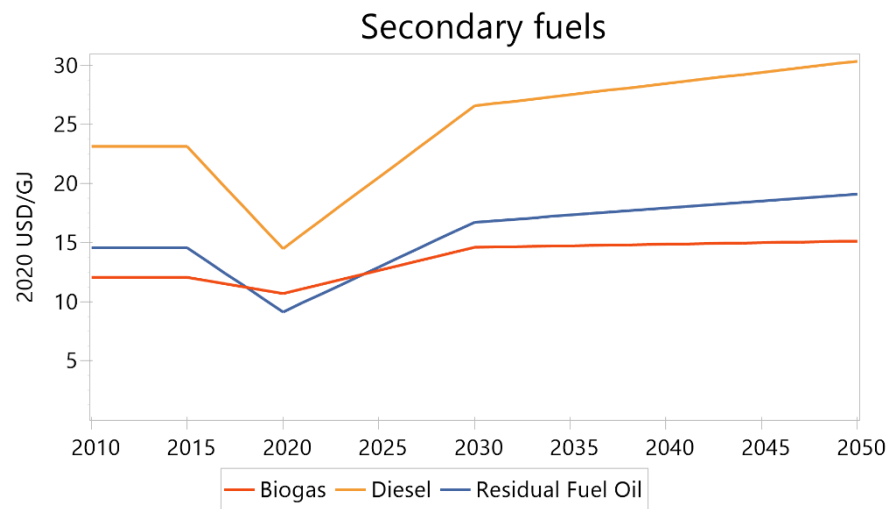
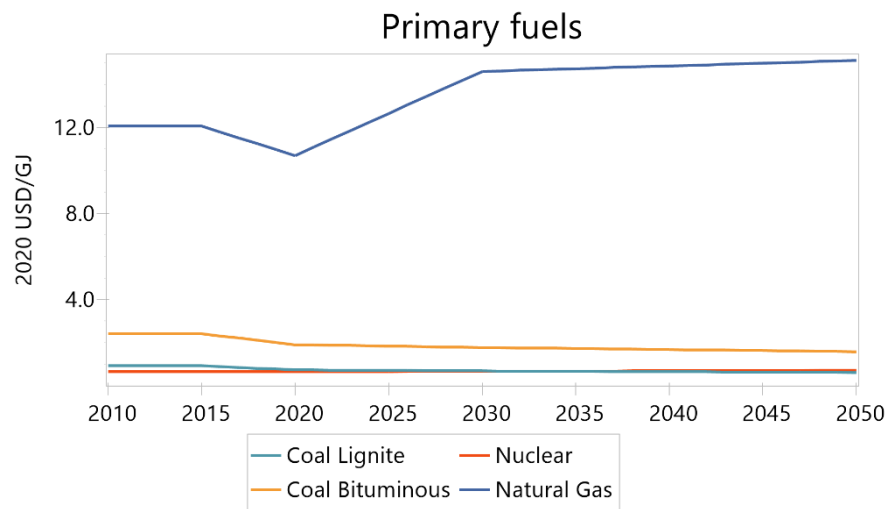
Таджикистан - Цены на топливо для конечных потребителей



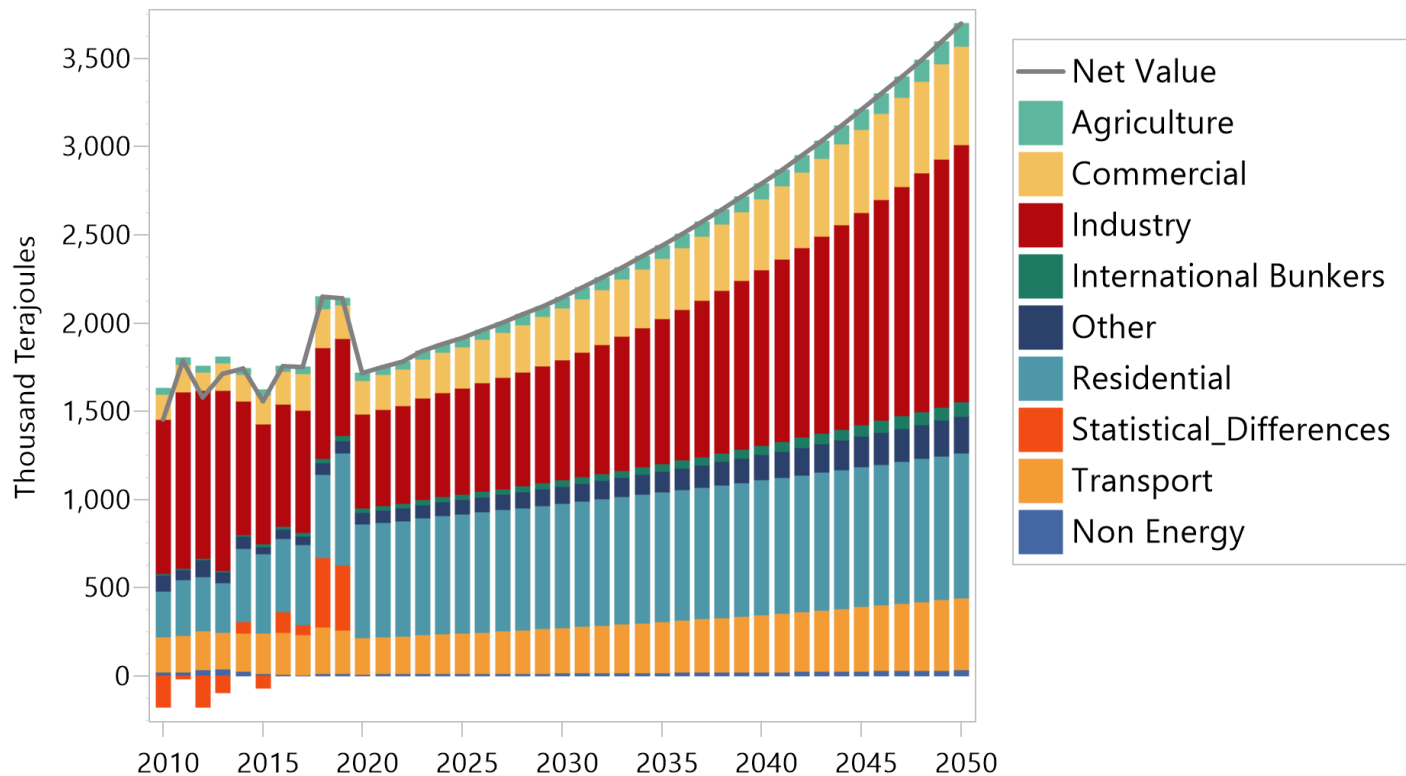
Узбекистан - Цены на топливо для конечных потребителей



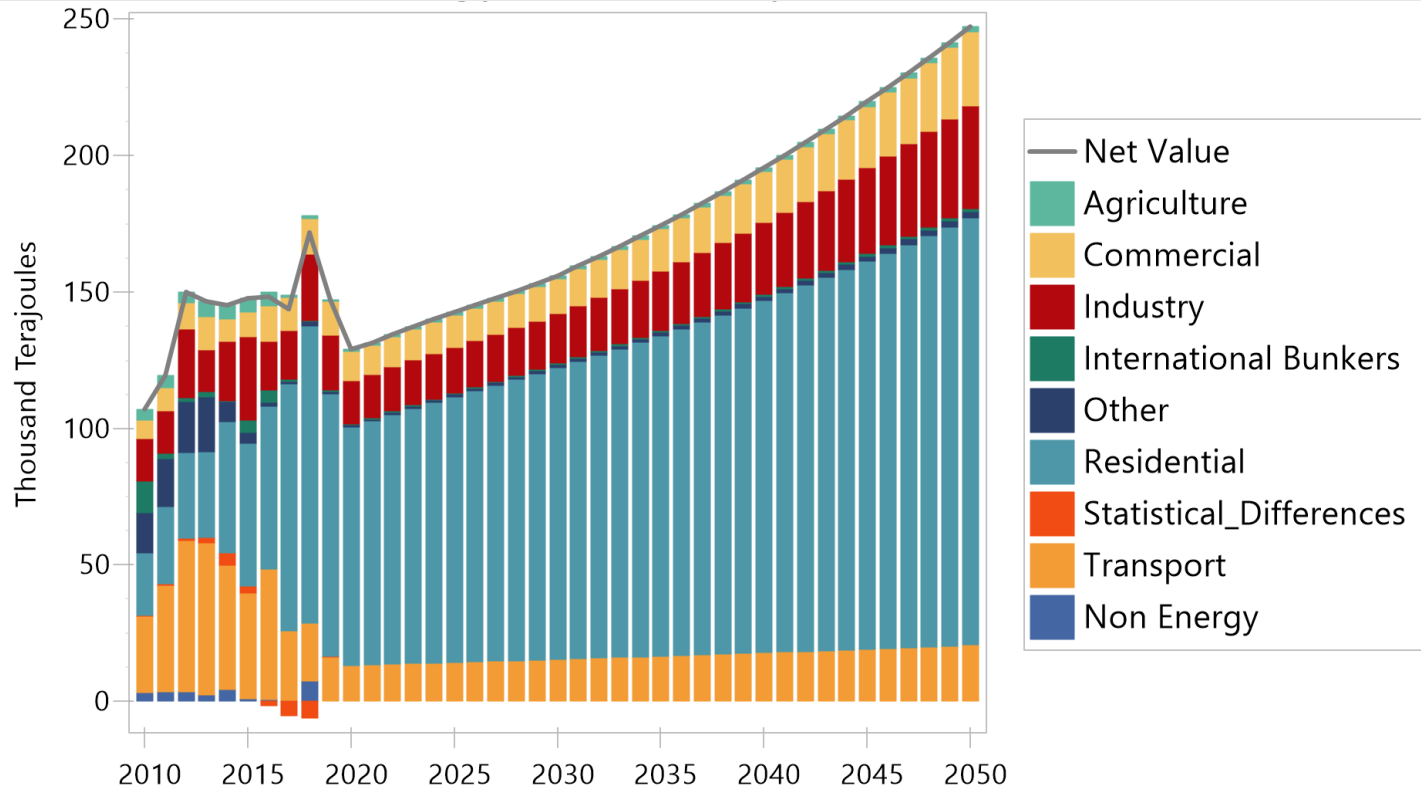
Цены на топливо в энергетическом секторе (все страны)



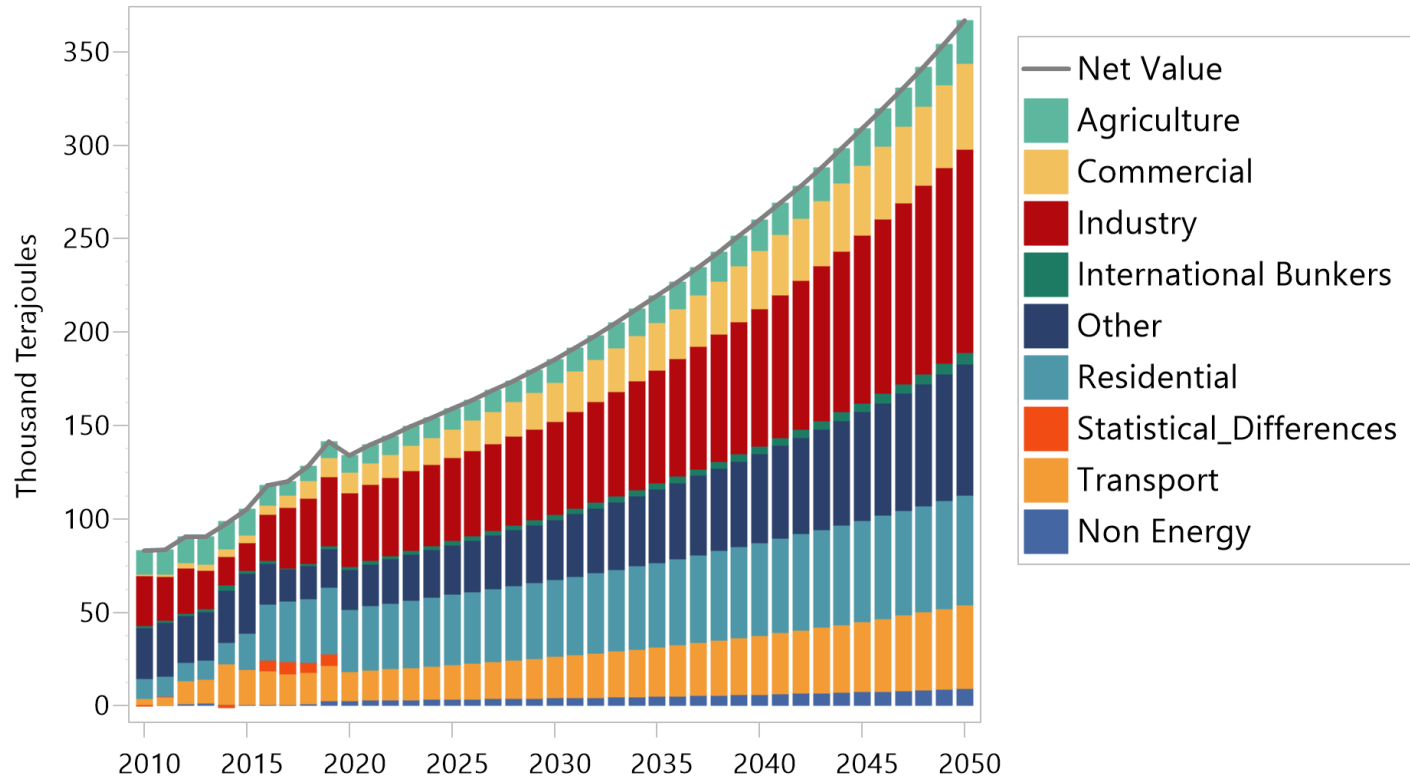
Казахстан - Конечный спрос на энергию по секторам



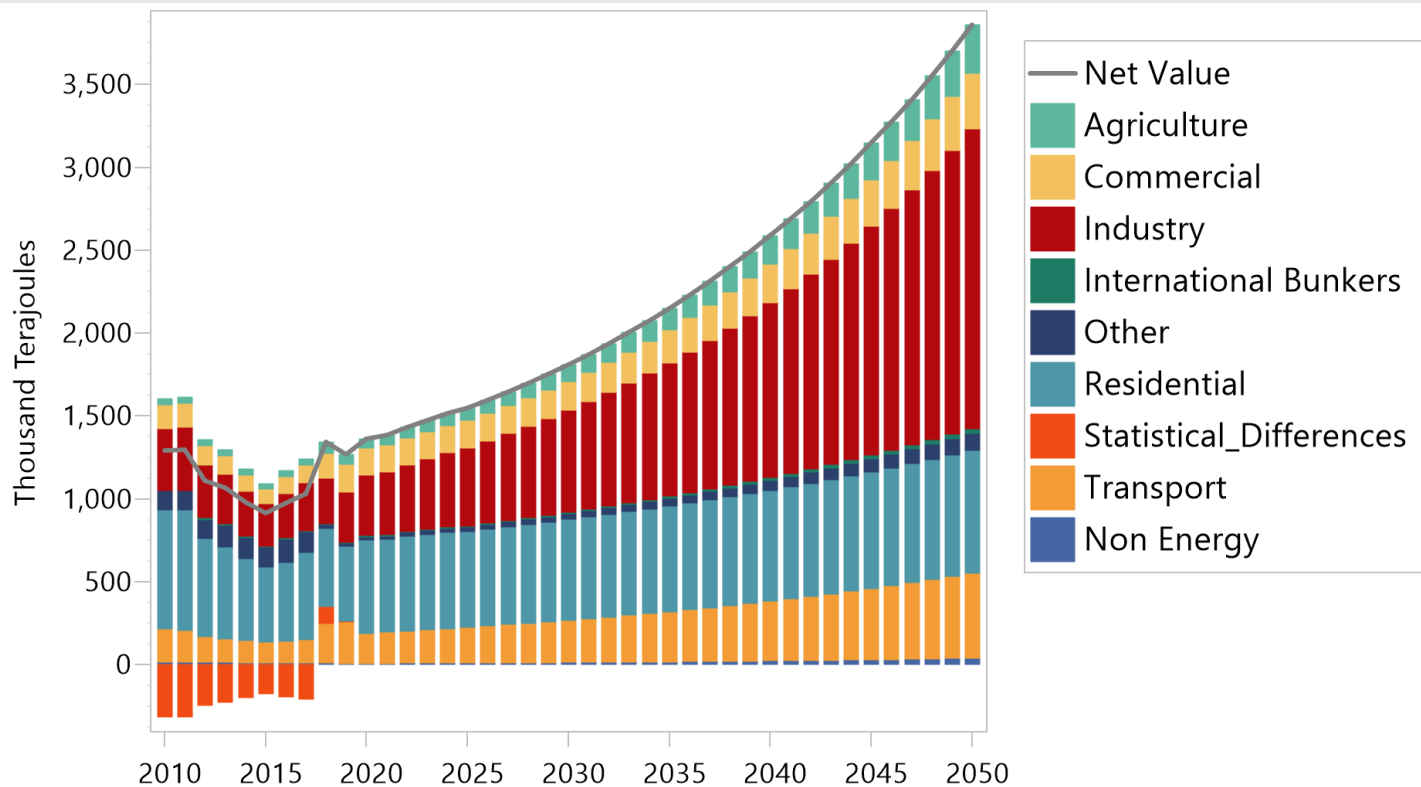
Кыргызстан - Конечный спрос на энергию по секторам



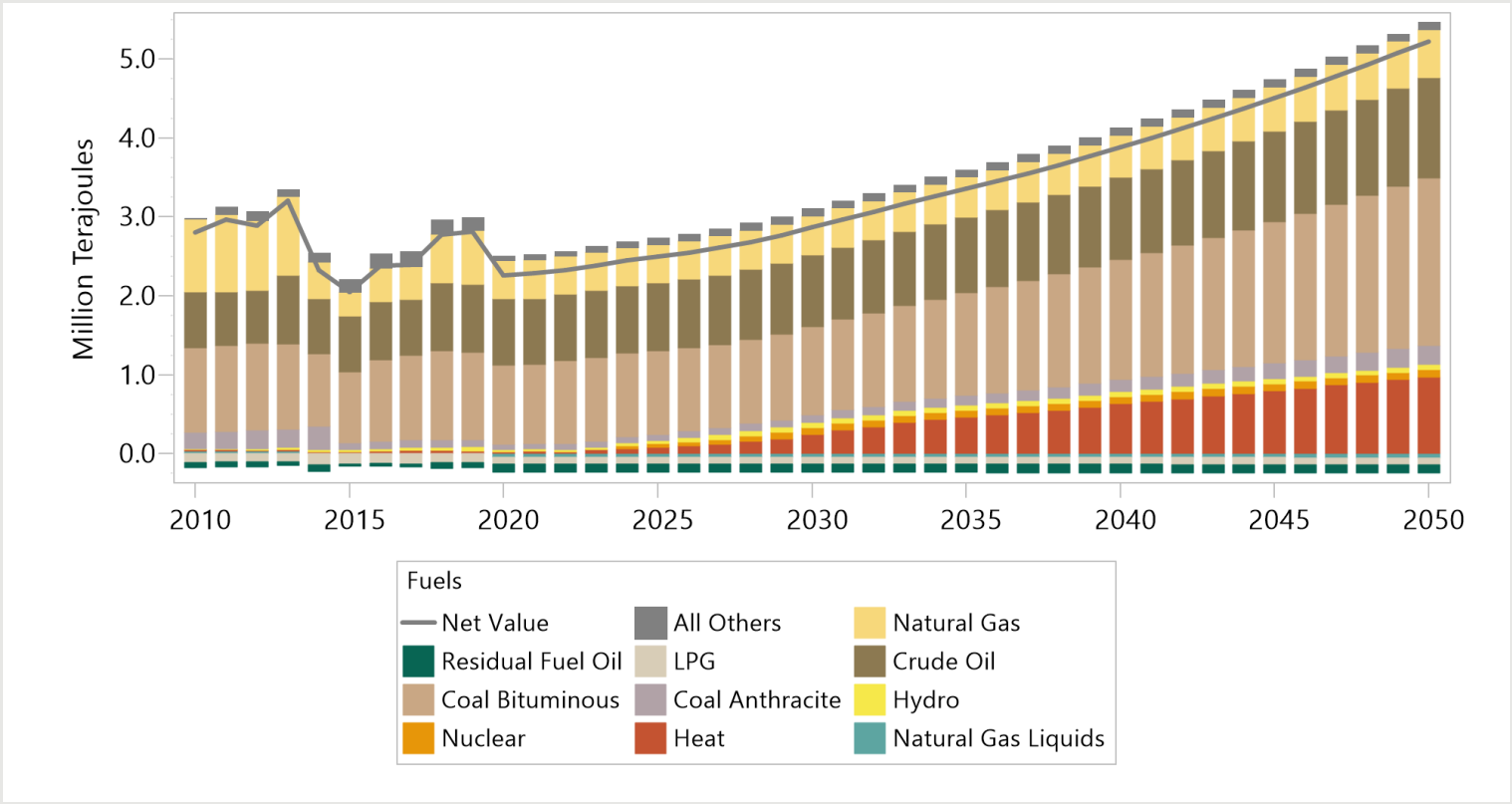
Таджикистан - Конечный спрос на энергию по секторам



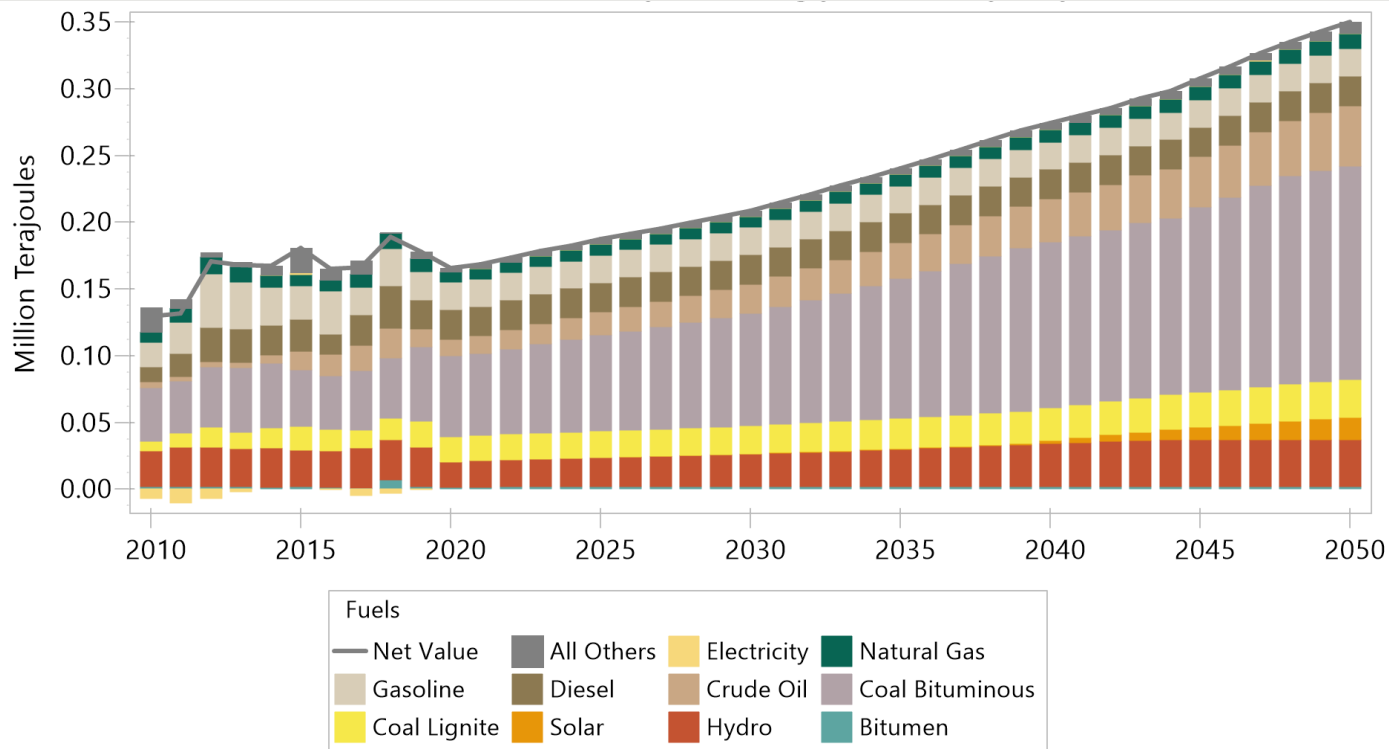
Узбекистан - Конечный спрос на энергию по секторам



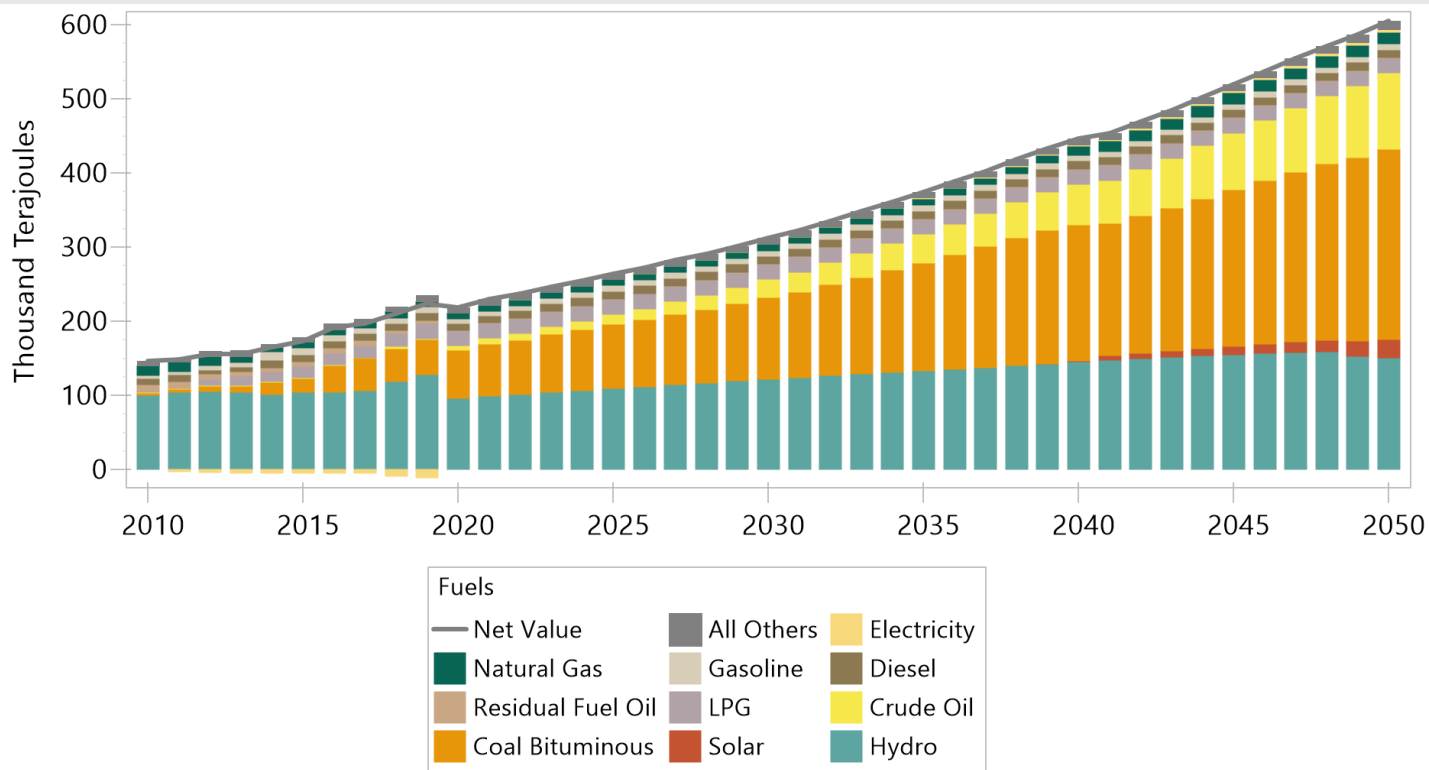
Казахстан - Первичное энергоснабжение по видам топлива



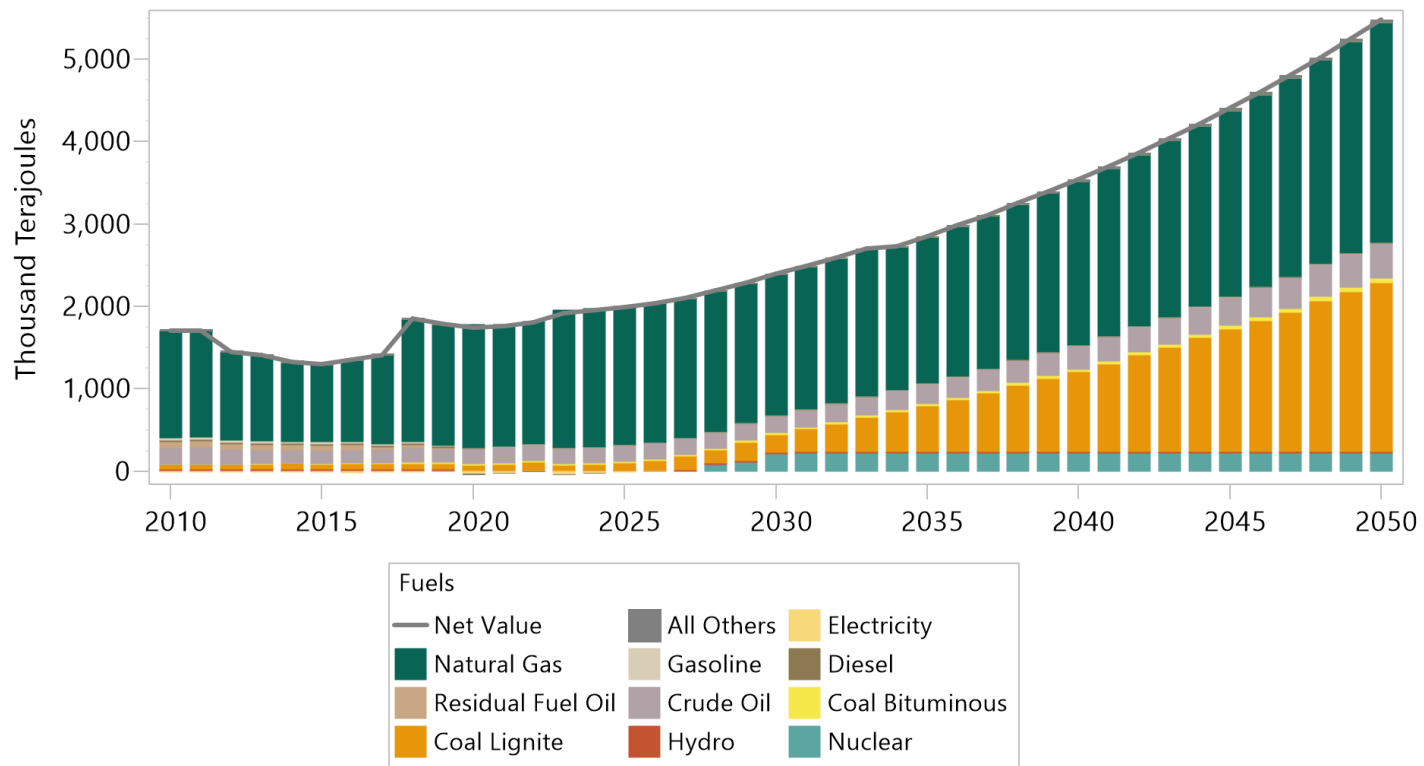
Кыргызстан - Первичное энергоснабжение по видам топлива



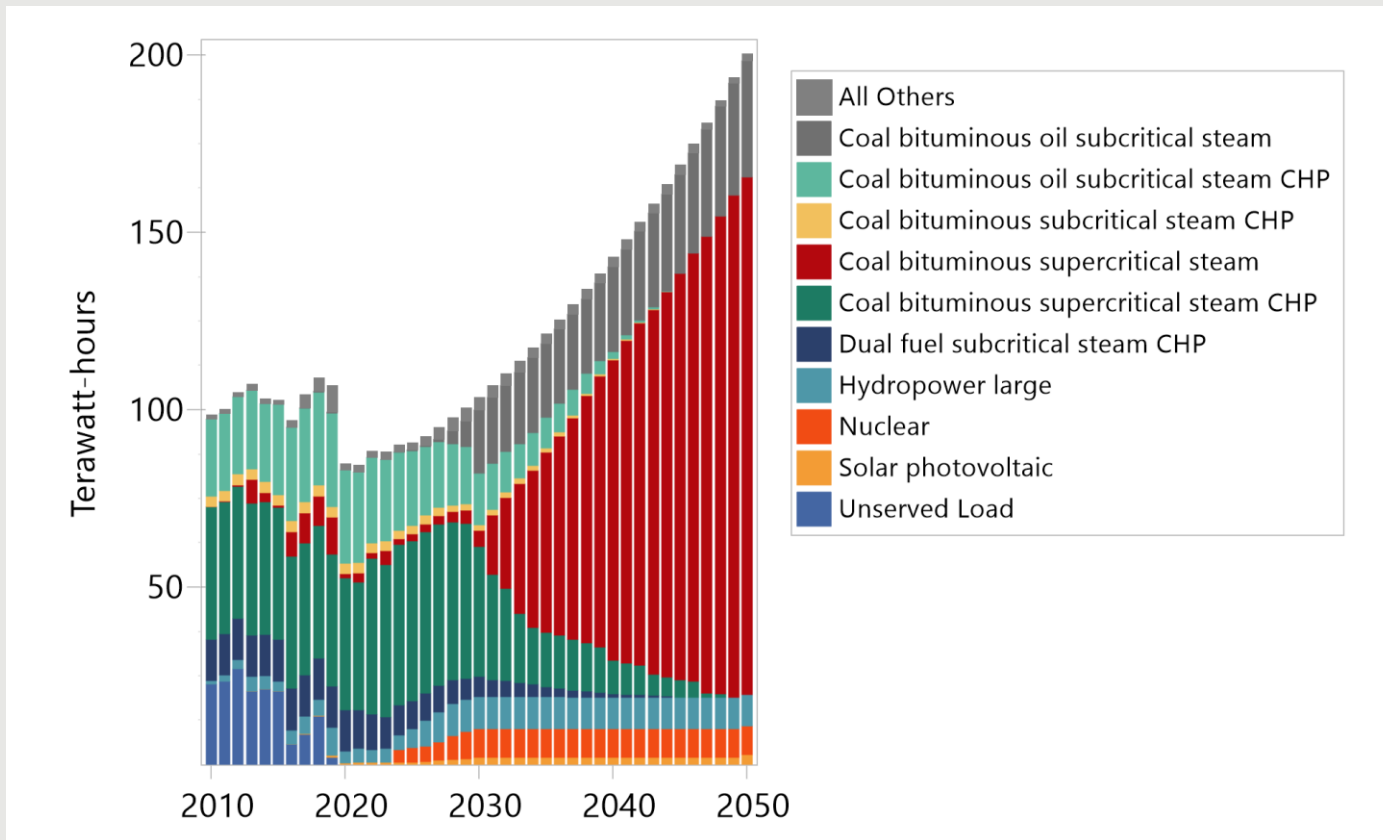
Таджикистан - Первичное энергоснабжение по видам топлива



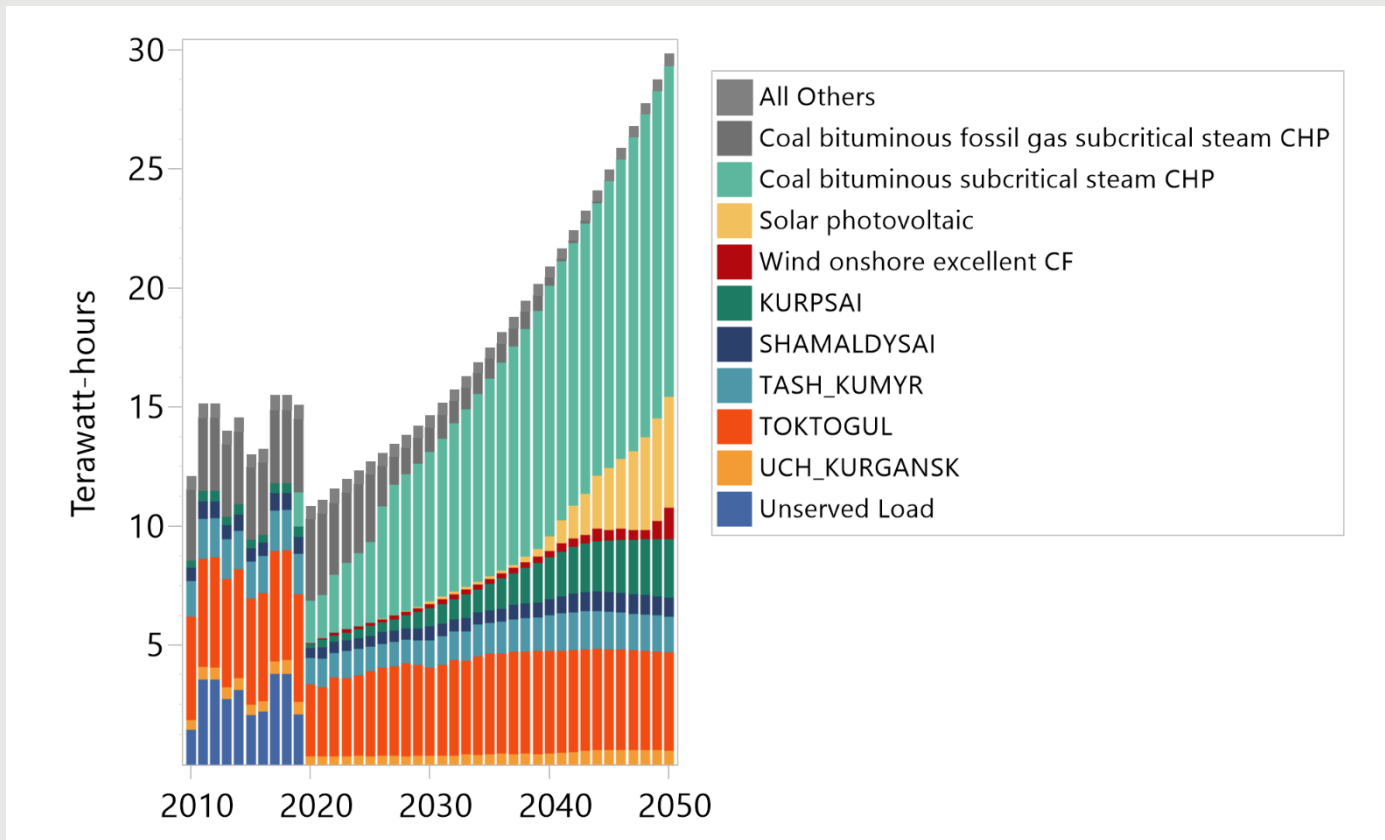
Узбекистан - Первичное энергоснабжение по видам топлива



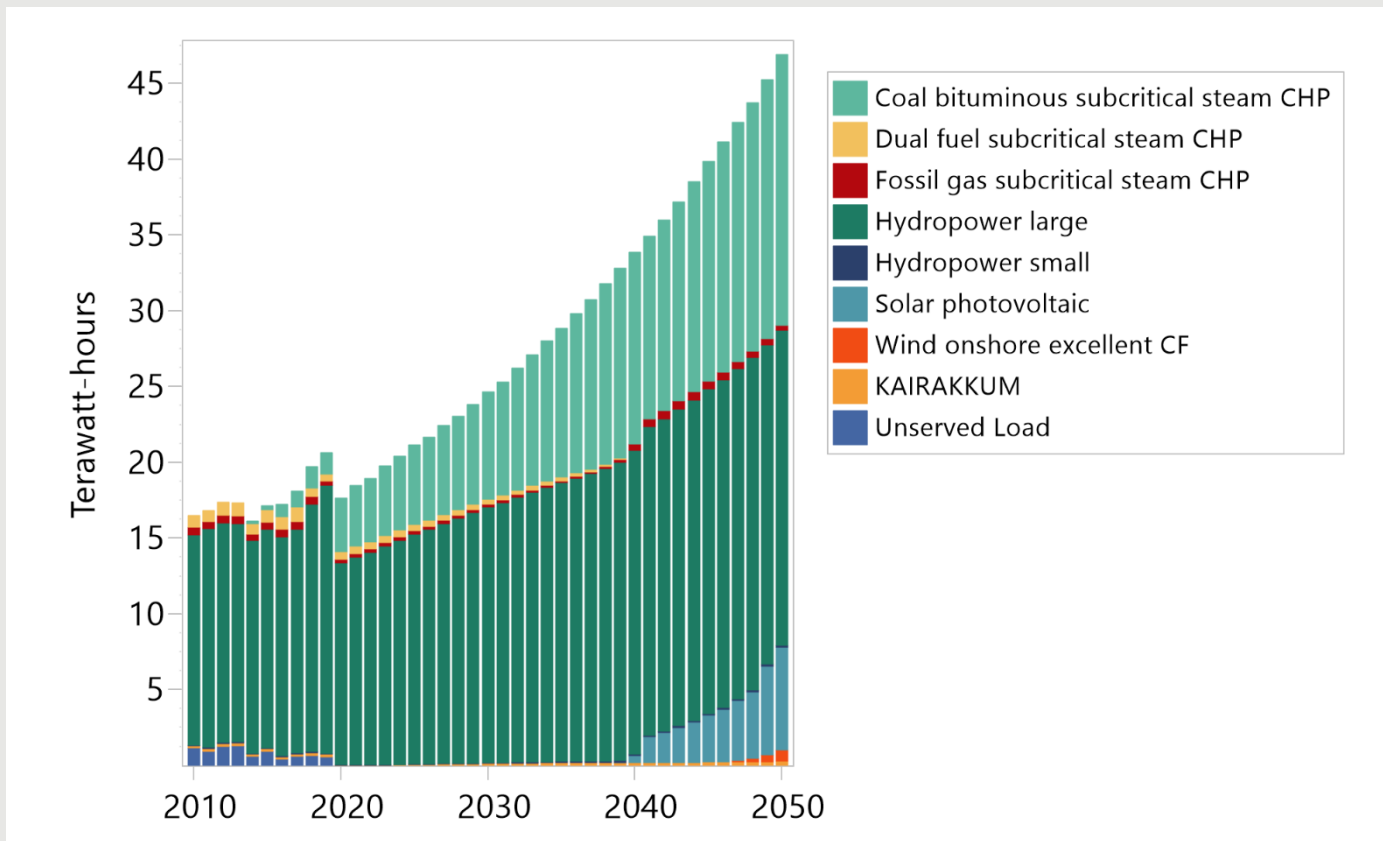
Казахстан - Производство электроэнергии по основным технологиям



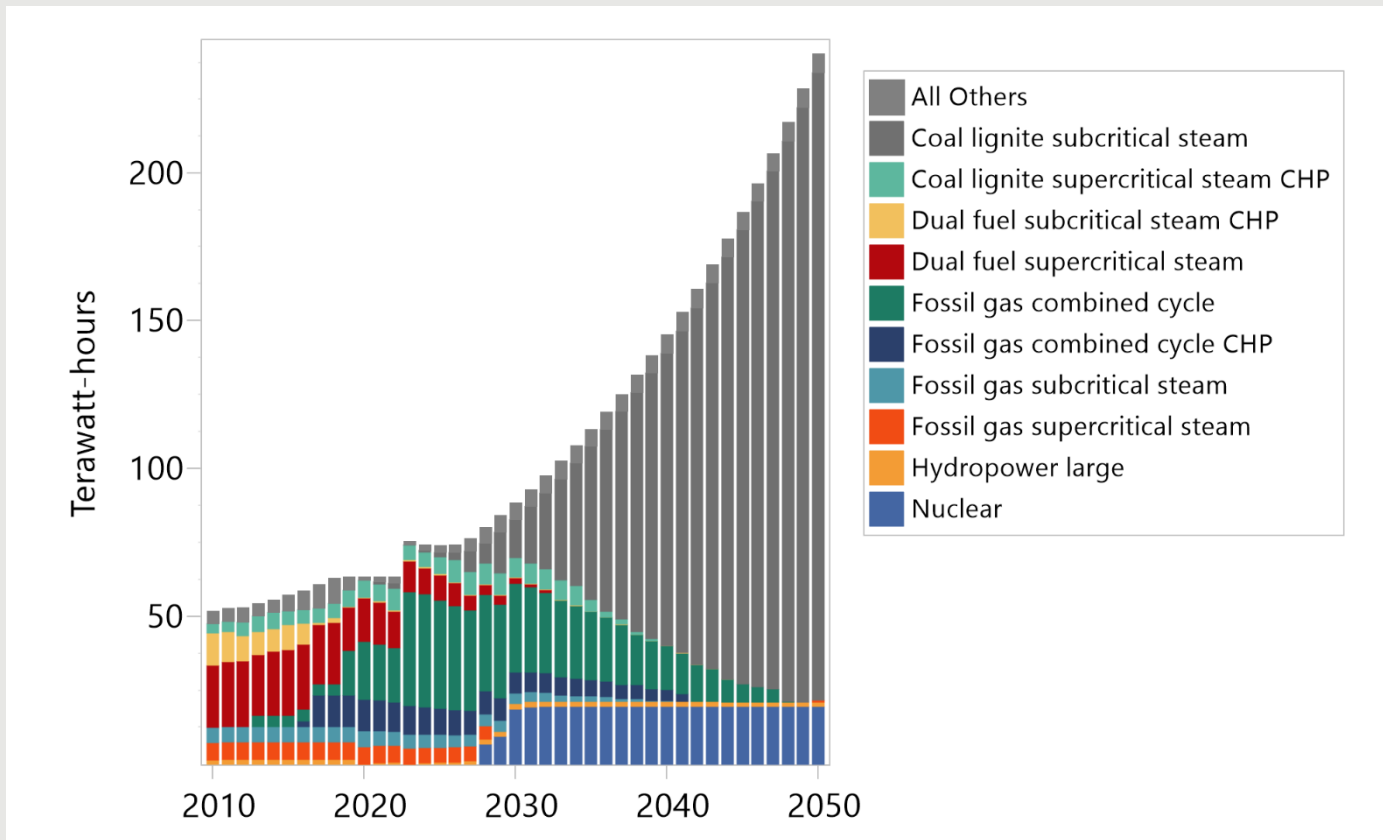
Кыргызстан - Производство электроэнергии по основным технологиям



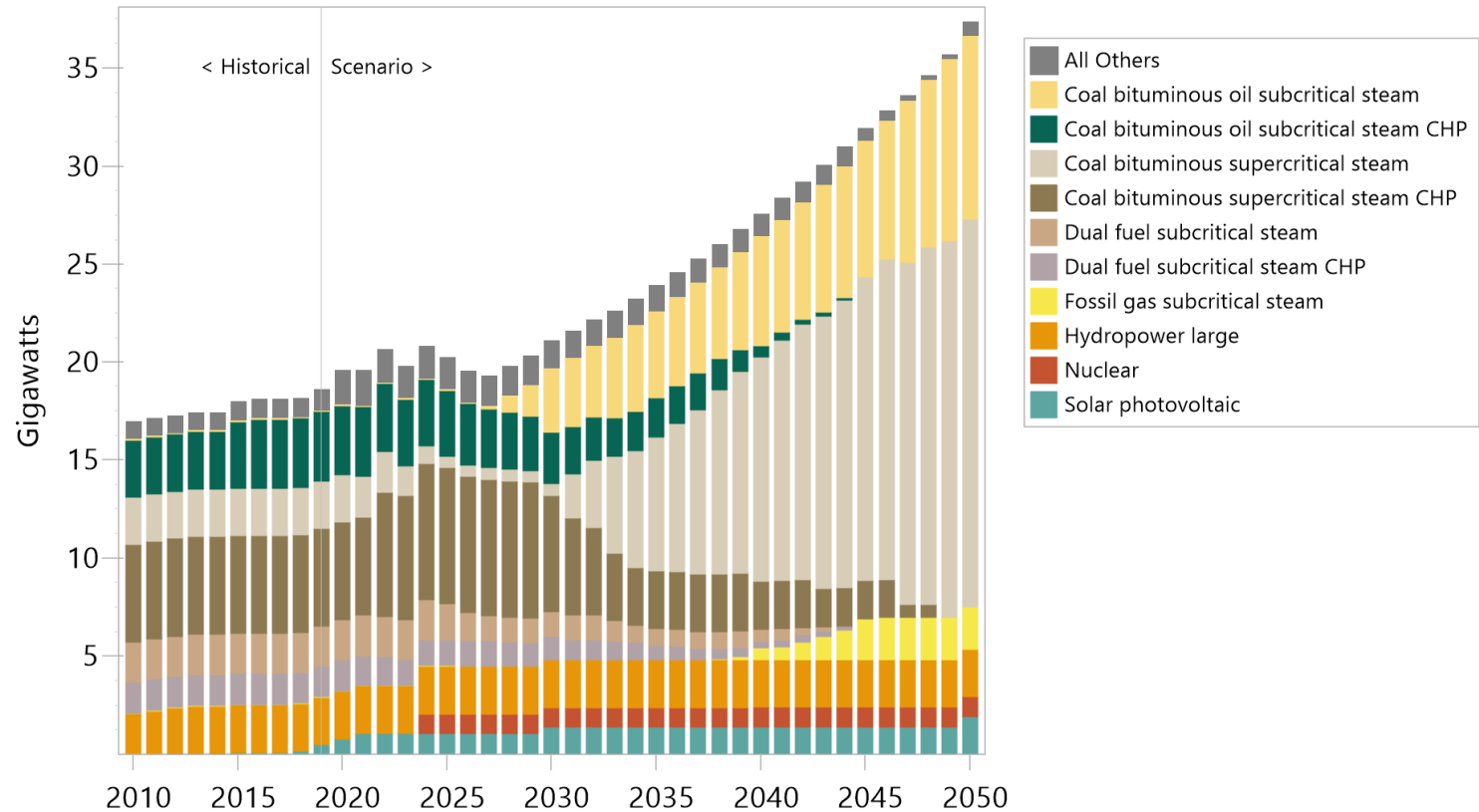
Таджикистан - Производство электроэнергии по основным технологиям



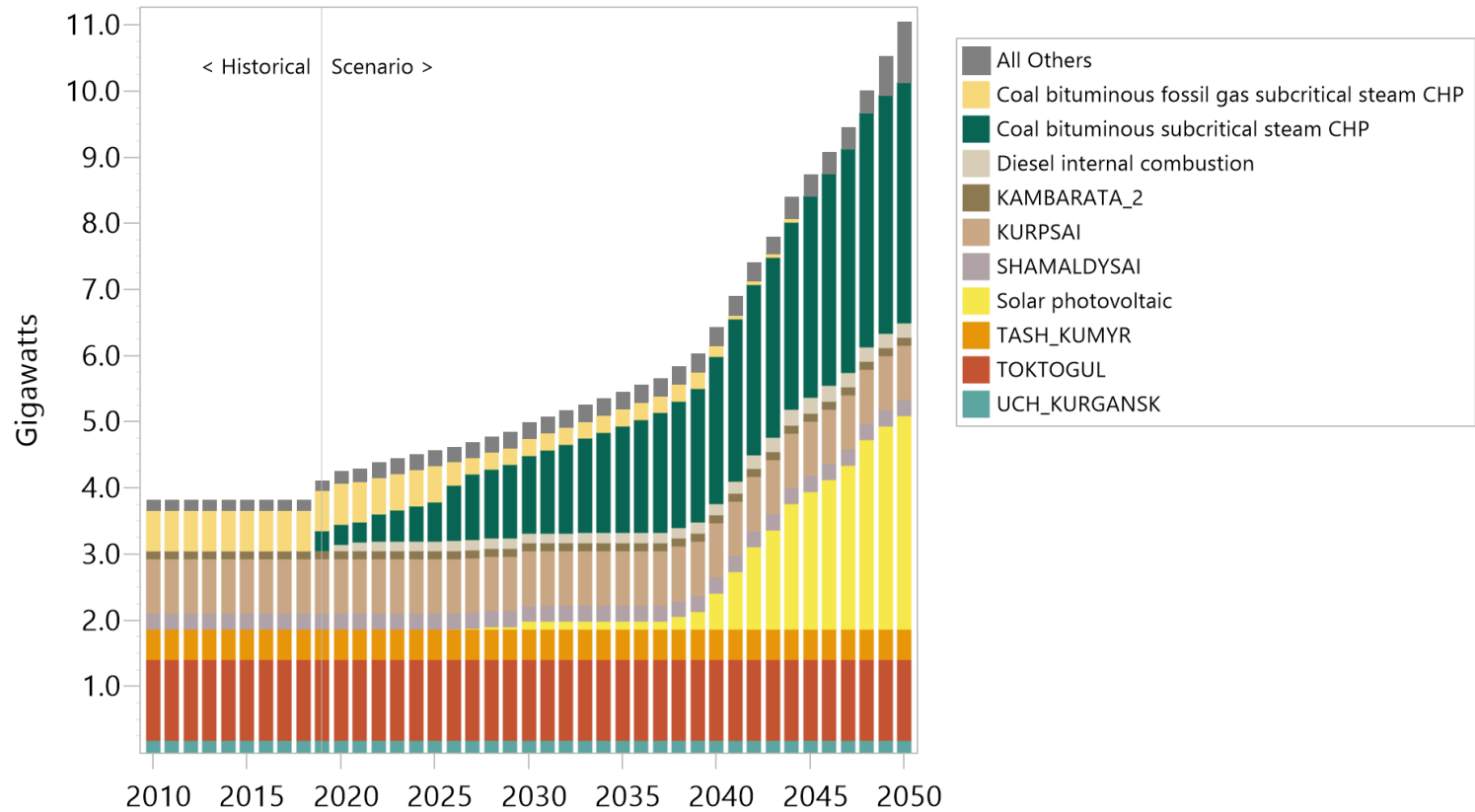
Узбекистан - Производство электроэнергии по основным технологиям



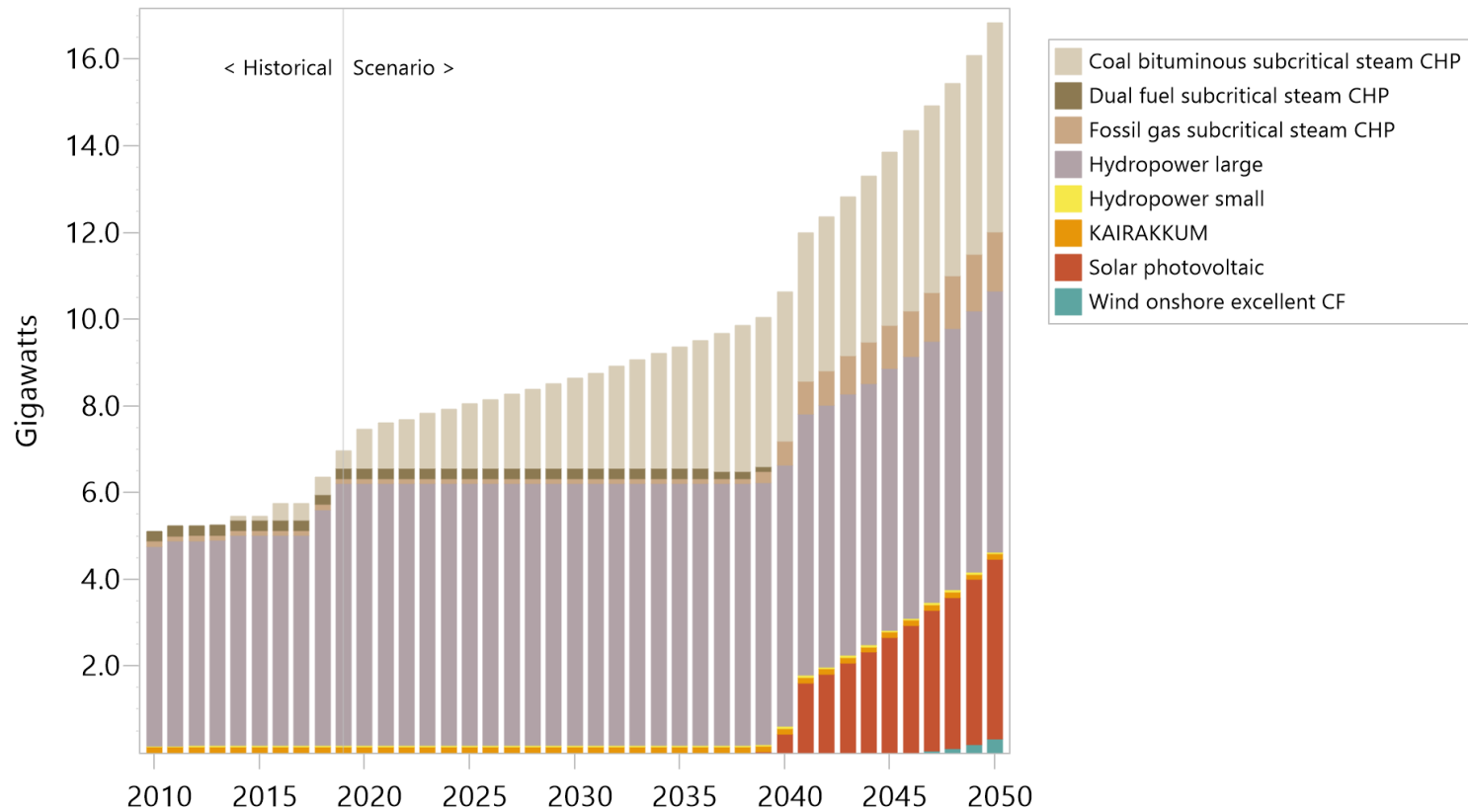
Казахстан - Электрогенерирующие мощности



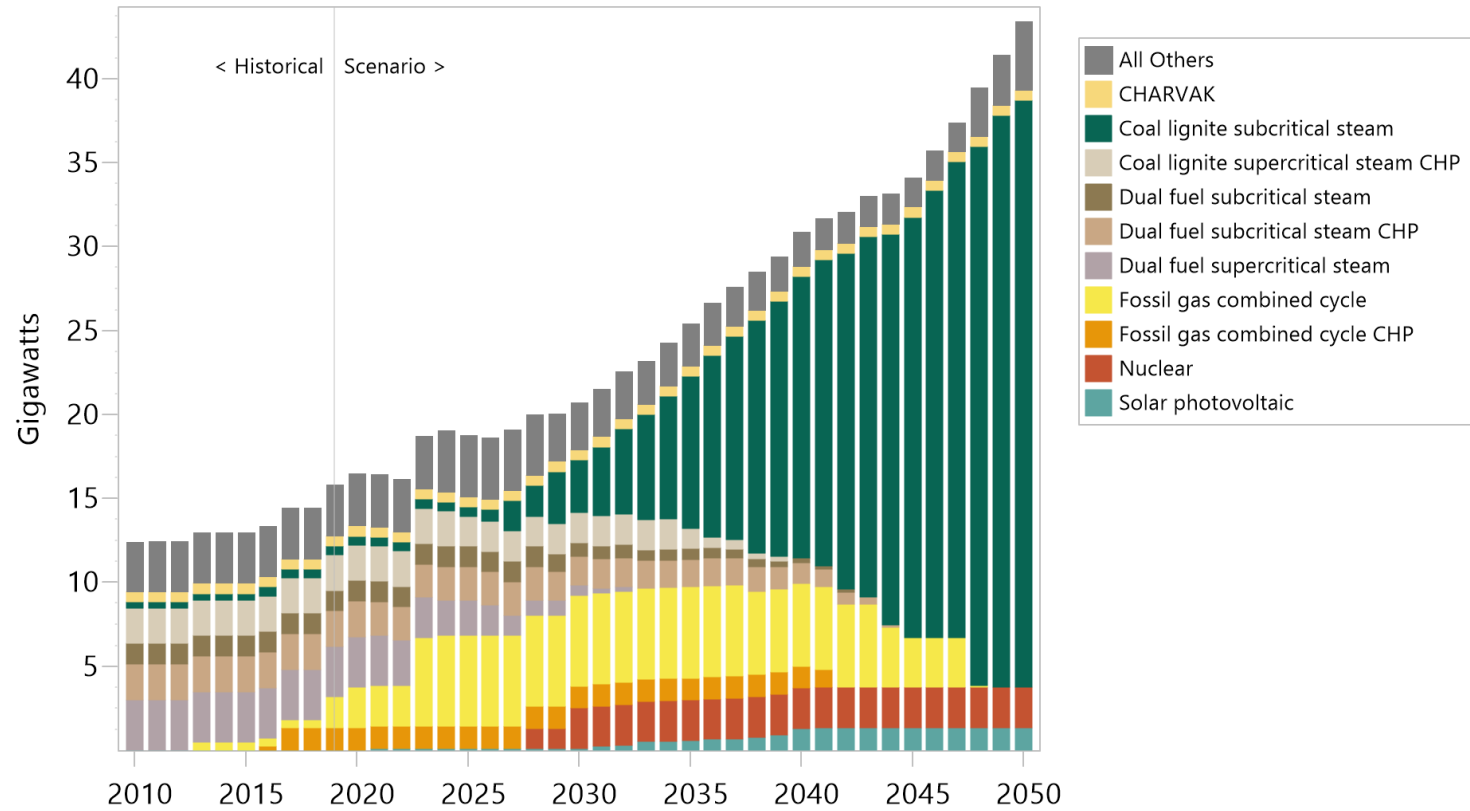
Кыргызстан - Электрогенерирующие мощности



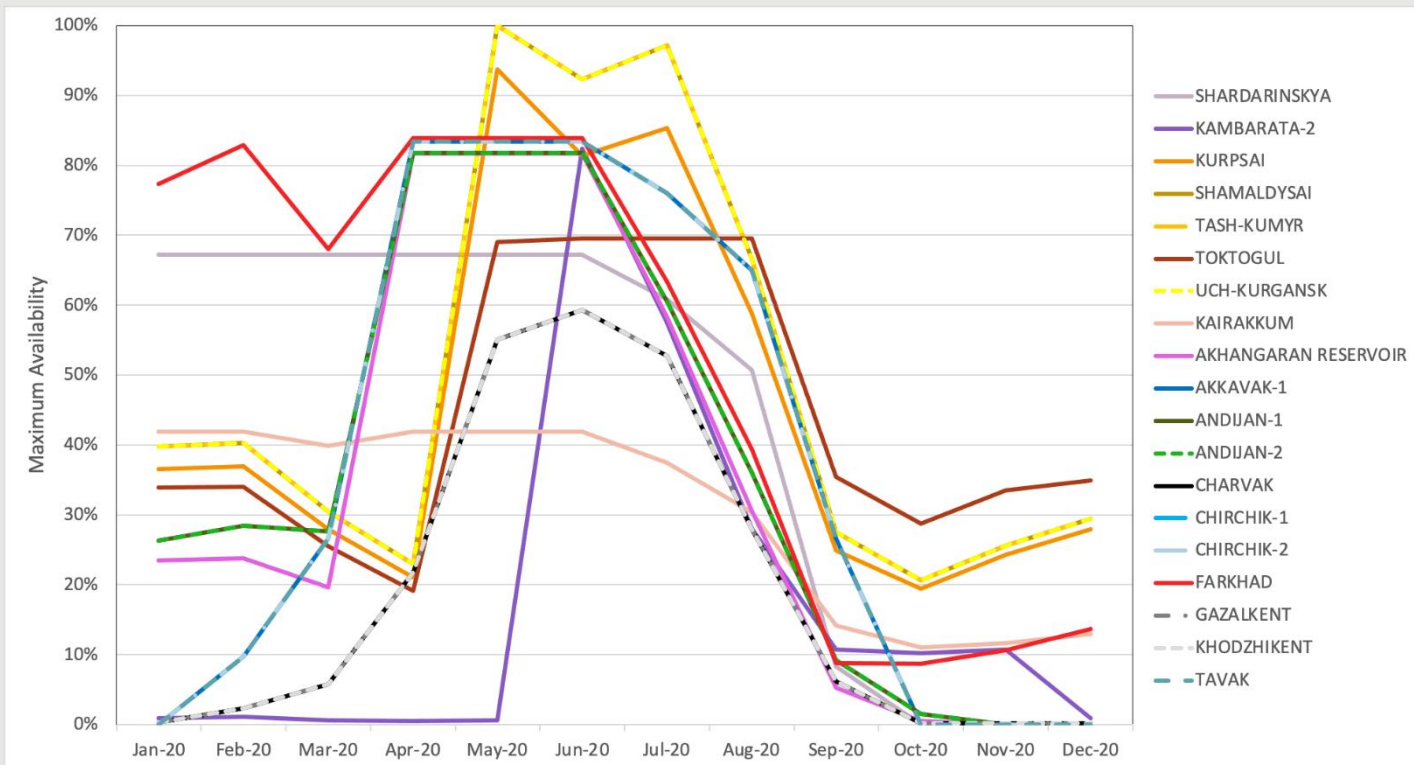
Таджикистан - Электрогенерирующие мощности



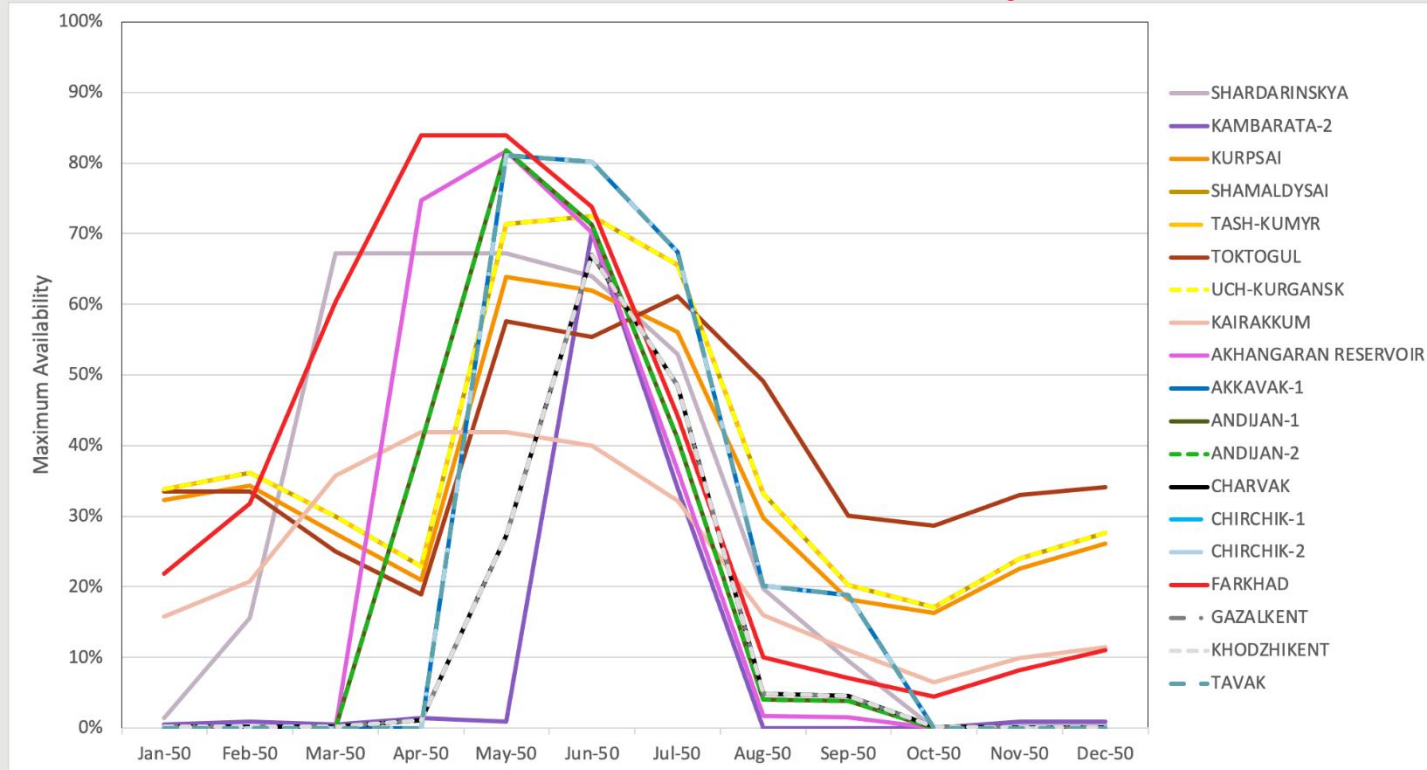
Узбекистан - Электрогенерирующие мощности



Максимальная мощность гидроэлектростанций по станциям в 2020 году



Максимальная мощность гидроэлектростанций по станциям в 2050 году



Снижение максимальной доступности и сужение окна высокой доступности

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ USAID ПО ВОДНЫМ
РЕСУРСАМ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА ЕКАТЕРИНА
СТРИКЕЛЕВА

ПРОСПЕКТ ДОСТЫК 192/2, БК ГРИН ТАУЭР, 8
ЭТАЖ, АЛМАТЫ 050051, КАЗАХСТАН



DISCLAIMER: Данный продукт стал возможен благодаря поддержке американского народа через Агентство США по международному развитию (USAID). Содержание данной презентации является исключительной ответственностью компании Tetra Tech ES, Inc. и не обязательно отражает точку зрения USAID или правительства США.