

FCG Finnish Consulting Group Ltd.
in association with

- FutureWater
- Finnish Meteorological Institute

**КРАТКИЕ ВЫВОДЫ
ПО ОСНОВНЫМ
РЕЗУЛЬТАТАМ**

Asian Development Bank

Азиатского Банка Развития



ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И АДАПТАЦИОННЫЕ ИНТЕР- ВЕНЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЗАПАДНОЙ АЗИИ

ТА 7532

2012

FCG

Finnish Consulting Group

 **FutureWater**



ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И АДАПТАЦИОННЫЕ ИНТЕРВЕНЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЗАПАДНОЙ АЗИИ – КРАТКИЕ ВЫВОДЫ ПО ОСНОВНЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ

РЕЗЮМЕ. Центральная Азия является одним из регионов в наибольшей степени страдающей от последствий изменения климата и воздействия на ее природу и экономику. В докладе описываются результаты исследования, которые позволили разработать модели воздействия изменения климата на водные ресурсы и стихийные бедствия в бассейне Аральского моря. Климат прошлых лет был восстановлен с использованием глобальной базы данных путем полевых и спутниковых наблюдений. Несколько международных сценариев изменения климата было использовано для моделирования изменений температур, осадков, ледников и снежного покрова в будущем до 2050 года.

Конечной целью Проекта является содействие странам Центральной Азии в подготовке национальных стратегий, политик и инвестиционных планов по устойчивости к изменению климата и адаптации. Моделирование будущей гидрологии рек помогает планировать управление водными ресурсами, сельским хозяйством, гидроэнергетикой, окружающей средой и коммунальными услугами в области водоснабжения. В Проекте сделан прогноз о вызванных изменением климата рисках таких, как наводнения, засухи, сели, оползни и лавины. Цель состояла также в представлении предложений по адаптационным мерам и наращиванию потенциала в целях повышения устойчивости к изменению климата в различных регионах.

В 2050 году речной сток в бассейне реки Амударья будет на 30% меньше по сравнению со средним стоком последних 10 лет. Поскольку ледники уменьшатся на 45 - 60%, весенний сток будет оставаться высоким, а поздним летом сток будет радикально уменьшаться. Это означает, что весной будут наводнения, а засуха - во время жарких летних месяцев в вегетационный период. Таяние вечной мерзлоты в более высоких горах будет приводить к оползням и селям.

К 2050 году ежегодная общая потребность в воде в бассейне реки Сырдарья увеличится на 3,0 - 3,9%. Ежегодный неудовлетворенный спрос увеличится с 8,8% в настоящее время до 31,6 - 39,7% к 2050 году. Ежегодный общий спрос на воду в бассейне Амударьи увеличится на 3,8 - 5,0% к 2050 году. Ежегодный неудовлетворенный спрос увеличивается с 24,8%, в настоящее время, до 45,8 - 54,5%, к 2050 году.

Самые рентабельные адаптационные меры состоят в: (I) улучшении сельскохозяйственной практики, (II) дефицитном орошении, (III) увеличение повторного использования воды в сельском хозяйстве, и (IV), сокращение орошаемых площадей. Затраты на покрытие нехватки воды (43000 млн.м³) будут составлять US \$ 1730 млн. ежегодно к 2050 году. Покрытие только дополнительной нехватки воды, вызванной изменением климата (25.000 млн. м³), составит 550 млн. долл. США ежегодно к 2050 году.

Изменение климата

FCG, финансируемая АБР, реализует Проект по Адаптации к Изменению Климата в пяти Центральноазиатских странах совместно с Финским Метеорологическим Институтом и компанией «Будущее Воды» из Нидерландов. Целью Проекта является создание модели, описывающей воздействие изменения климата на водные ресурсы и стихийные бедствия в бассейне Аральского моря, а также в разработке стратегий по адаптации.

В проекте климат в прошлом был реконструирован с использованием глобальной базы данных по климату при помощи полевых и спутниковых наблюдений. Есть несколько международных программ, созданных на базе спутниковых климатических данных всего мира, и эти данные могут быть загружены из Интернета. Несколько международных университетов и научно-исследовательских организаций создали комплекс сценариев изменения климата для прогнозирования будущего климата (рис. 1). Пять различных сценариев были использованы для моделирования изменений температуры, осадков, ледников и снежного покрова в будущем до 2050 года. Результаты будут применяться к разработке стратегий устойчивости к изменению климата и управления рисками на региональном, национальном уровнях и на уровнях речных бассейнов. Мероприятия проекта включают в себя:

- 1) Сбор существующих полевых материалов и новых спутниковых данных по климату, гидрологии и использованию земель в целях реконструкции ситуаций в прошлом и настоящем;
- 2) разработка методологий, относящихся к детализации сценариев изменения климата, гидрологического моделирования, таяния ледников, оценки воздействия на климат, климатической уязвимости и анализе рисков;
- 3) Моделирование будущего гидрологии рек и выявление проблем управления водными ресурсами, с учетом сельского хозяйства, гидроэнергетики, окружающей среды и коммунальных услуг в области водоснабжения;
- 4) Разработка прогнозов рисков, связанных с климатическими изменениями, такими, как наводнения, засухи, сели, оползни и обвалы;
- 5) Представление предложений по адаптации и наращиванию потенциала в целях повышения устойчивости к изменению климата в различных регионах, и
- 6) Повышение потенциала в области использования и применения гидроклиматических моделей в регионе.

Изменение средней температуры в январе (по Цельсию) в период между 1971- 2000 гг. и 2045-2065 гг.

January Tavg Change(Celsius) btw.1971-2000 and 2046-65

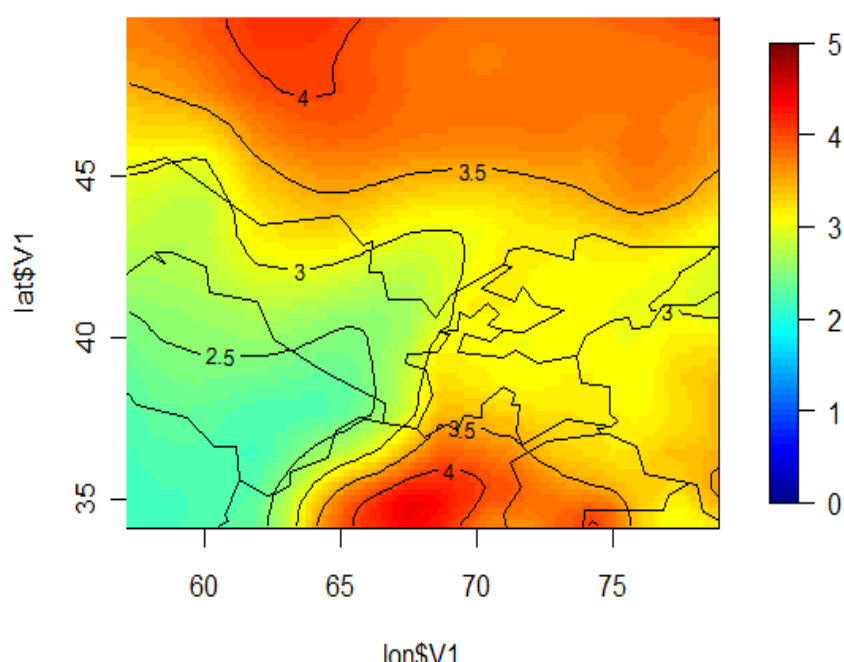


Рисунок 1. Потепление климата исследуемой области (в бассейне Аральского моря) с детализацией на базе пяти различных моделей изменения климата (сценарий выбросов A1B).

Гидрологические последствия изменения климата

Результаты моделирования показали довольно значительные изменения в гидрологии бассейна Аральского моря. В результате потепления климата в Тянь-Шане и на Памире объем ледников значительно уменьшится. До 2050 года 45 - 60% ледников исчезнет. В течение 20 ближайших лет, сток от таяния ледников увеличится только в высокогорных районах, но общий сток основных рек будет уменьшаться. Небольшие ледяные шапки особенно в Тянь-Шане исчезнут, и объемы воды в результате таяния ледников, будут резко сокращаться (рис. 2).

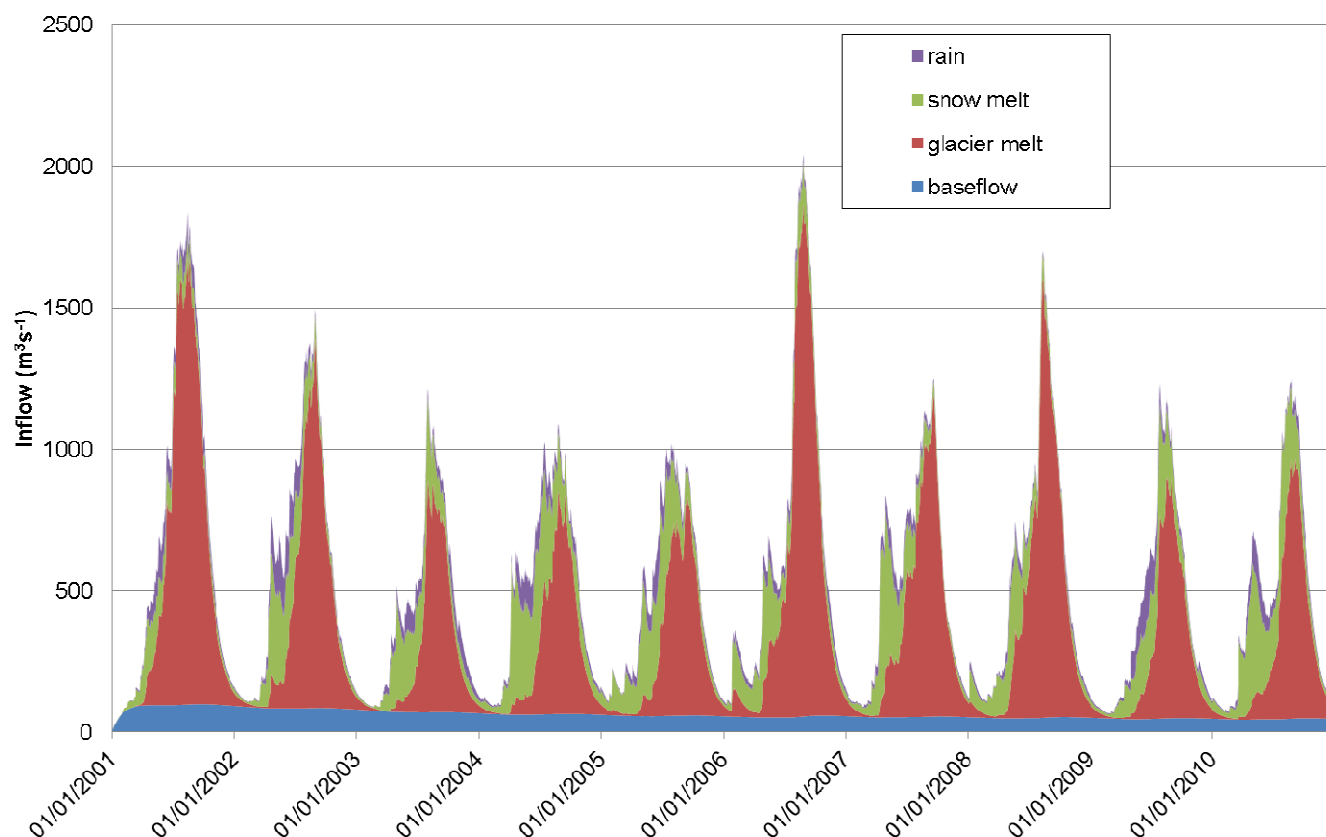
В 2050 году речной сток в бассейне реки Амударья будет на 30% меньше по сравнению со средним притоком последних 10 лет (рис. 3 и 4). Наихудшая ситуация будет иметь место в конце лета и начале осени, когда речной сток будет на 45% меньше, чем сегодня. Без регулирования объемов и водохранилищ будет нехватка поливной воды в низовьях реки. Этот факт следует особо учитывать в управлении вниз по течению реки Амударья и Каракумского канала.

В бассейне реки Сырдарья (рис. 5 и 6) речной сток будет на 25% меньше по сравнению со средним стоком за последние 10 лет. Для этого бассейна значительное сокращение стока также может произойти в конце лета и в начале осени. Уменьшение водных ресурсов вместе с повышением температуры на равнинах создадут серьезные риски для сельскохозяйственного производства.

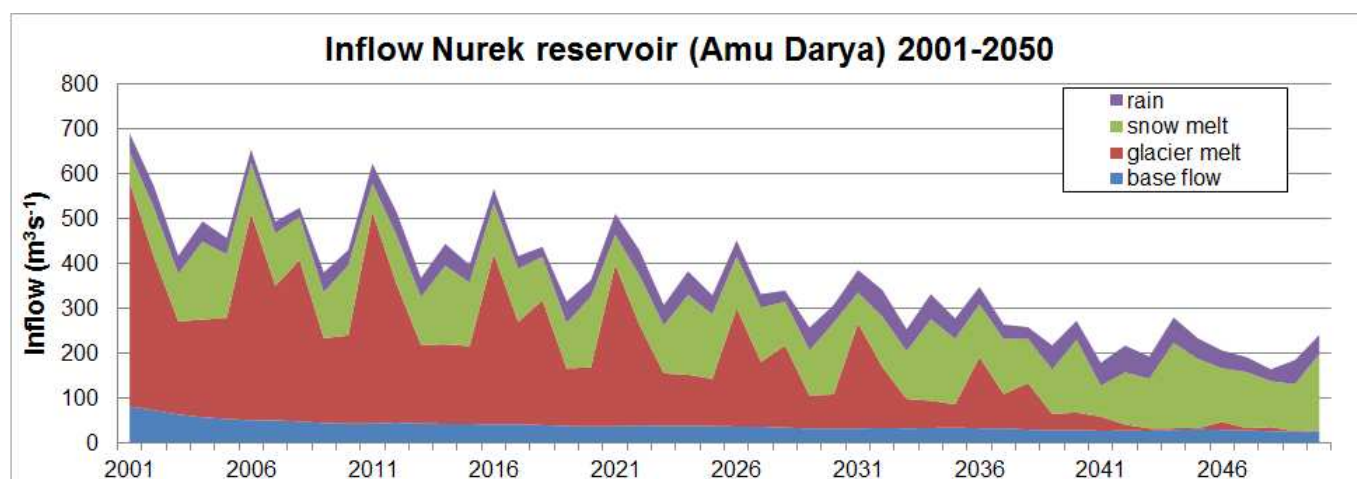


Рисунок 2. Также по геоморфологическим данным, морены ледников больших размеров показывает, что ледники уже существенно отступили в течение последних 150 лет (КАЗ / КГЗ граница, г. Алматы; Google Earth).

Приток воды в Нурекское водохранилище Inflow Nurek reservoir



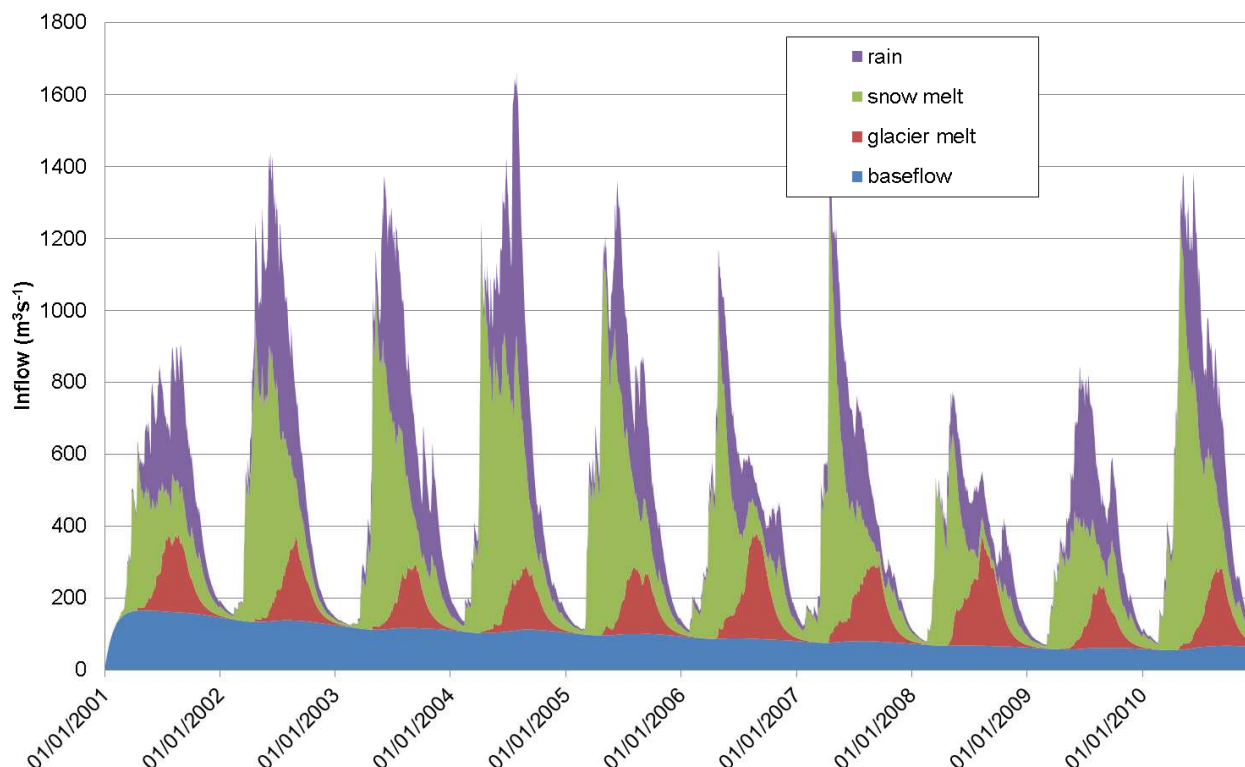
Примечание: Фиолетовый цвет – дождевой, зеленый – от таяния снега, красный – от таяния ледника, голубой – основной сток. По оси ординат – приток $\text{м}^3/\text{сек}$.
Рисунок 3. Происхождение воды в последние десять лет. В Нурекском водохранилище в бассейне Амударьи таяние ледников является очень важным вкладом в общий сток. Поэтому уменьшение ледников вызовет большой дефицит воды в низовьях реки.



Примечание: Фиолетовый цвет – дождевой, зеленый – от таяния снега, красный – от таяния ледника, голубой – основной сток. По оси ординат – приток $\text{м}^3/\text{сек}$;

Рисунок 4. Происхождение и объем воды в прошлом и будущем в Нурекском водохранилище бассейна Амударьи. Сокращение ледников и их таяние имеют большое влияние на общий объем притока воды в реку.

Приток вод в Токтогульское водохранилище Inflow Toktogul reservoir

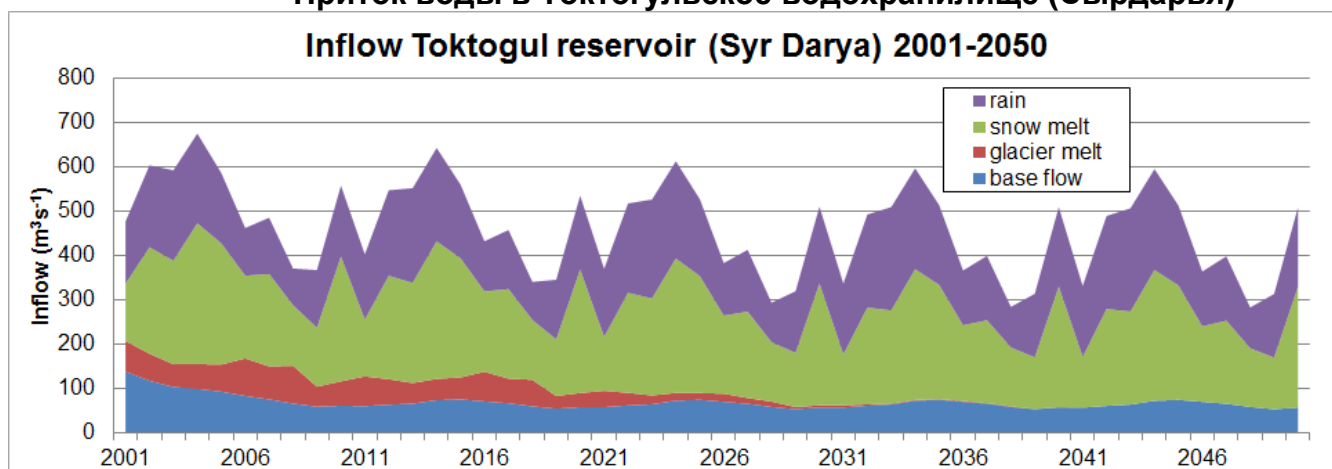


Примечание: Фиолетовый – дождевой, зеленый – от таяния снега, красный – от таяния ледника, голубой – основной сток. По оси ординат – приток $\text{м}^3/\text{сек}$;

Рисунок 5. В Токтогульском водохранилище в бассейне Сырдарьи таяние ледников является менее важным фактором. Таяние снега и дождевые стоки являются наиболее важными факторами, способствующими общему стоку.

Приток воды в Токтогульское водохранилище (Сырдарья)

Inflow Toktogul reservoir (Syr Darya) 2001-2050



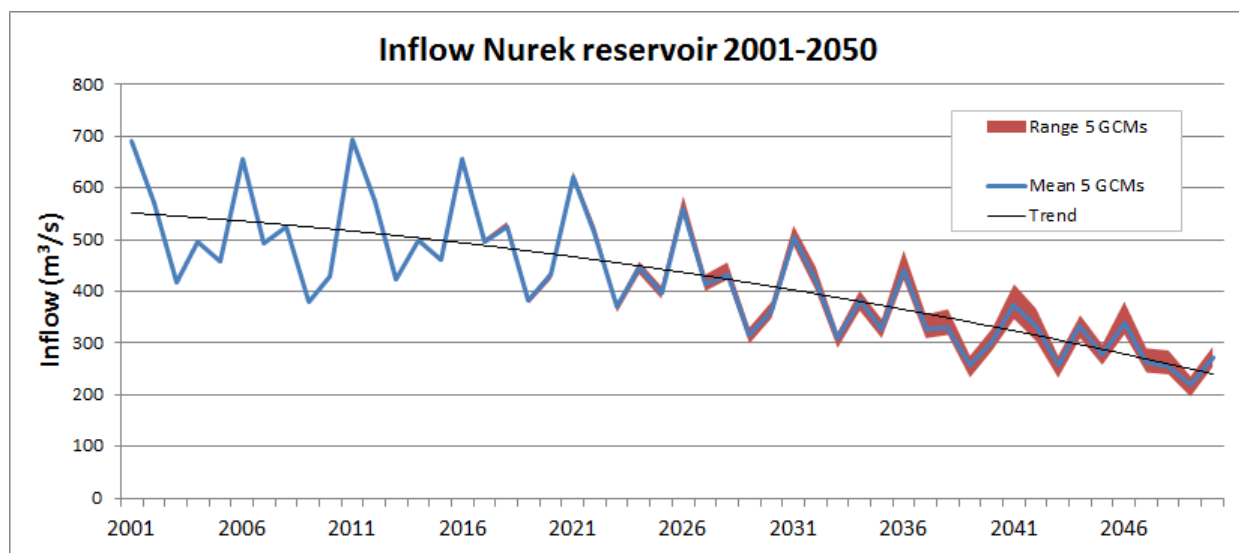
Примечание: Фиолетовый цвет – дождевой, зеленый – от таяния снега, красный – от таяния ледника, голубой – основной сток. По оси ординат – приток $\text{м}^3/\text{сек}$;

Рисунок 6. Происхождение и объем воды в прошлом и будущем в Токтогульском водохранилище в бассейне Сырдарьи.

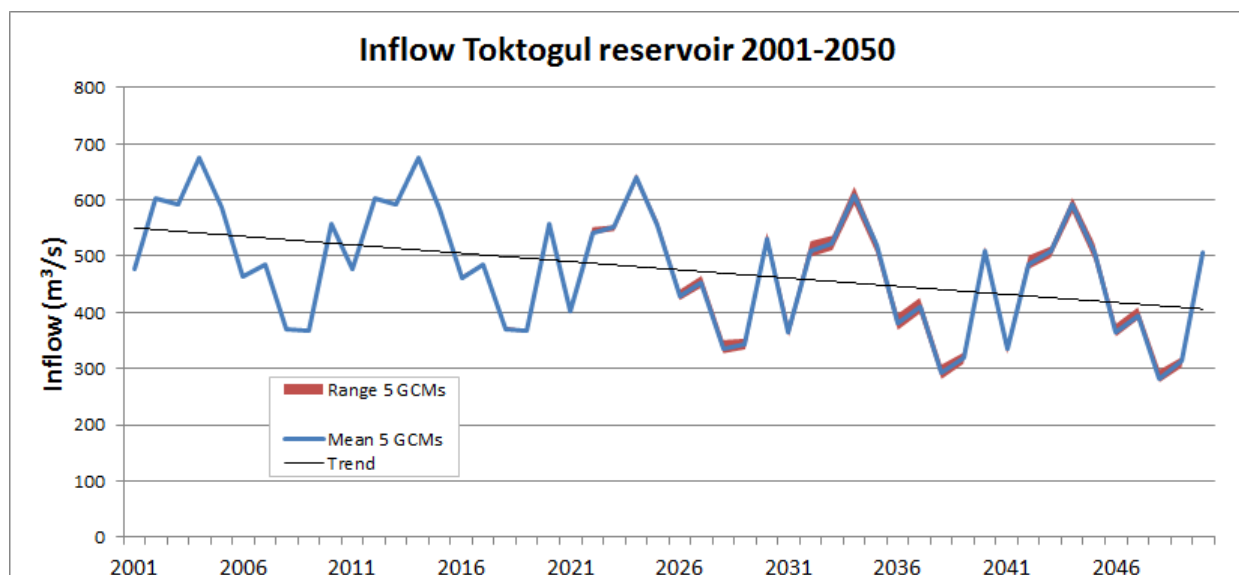
Воздействие на управление водными ресурсами

Люди, живущие в верховьях рек, безусловно, продолжают строить резервуары для обеспечения запасов воды для орошаемых там полей. Это может привести к ситуации, когда сельское хозяйство ниже по течению будет испытывать трудности. Ситуация может четко просматриваться на графике, характеризующем приток воды в водохранилища обоих речных бассейнов (рис. 7).

Приток в Нурекское водохранилище 2001-2050



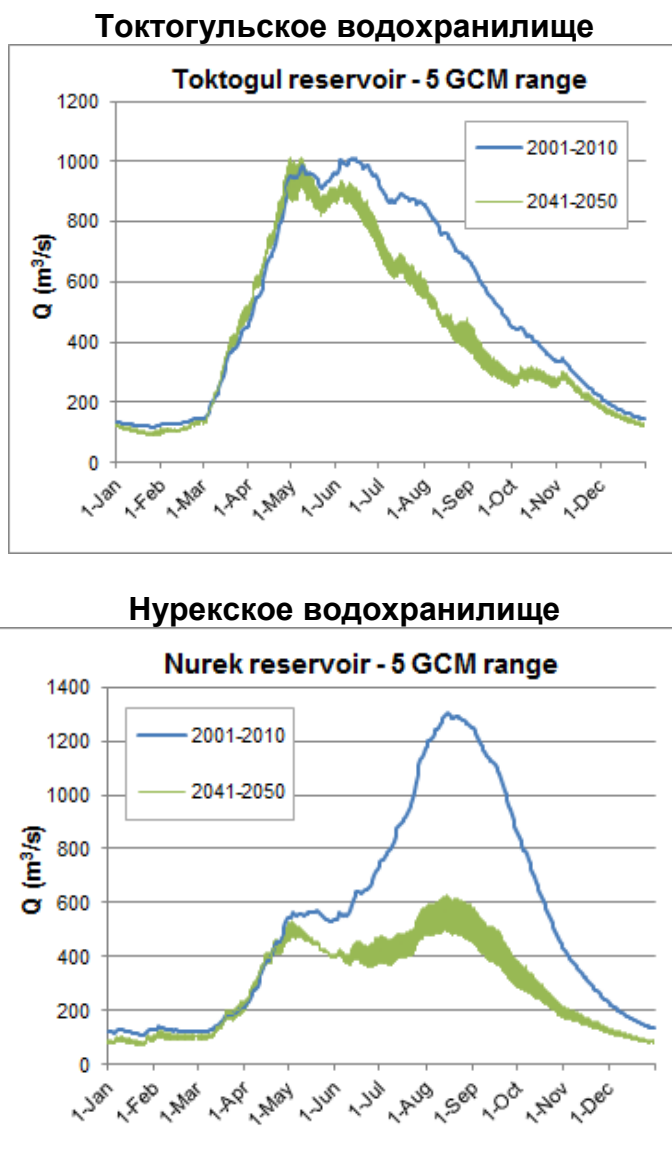
Приток в Токтогульское водохранилище



Примечание: красный – диапазон по 5 основным климатическим моделям; голубой - средний по 5 основным климатическим моделям; прямая линия – тренд/тенденция; по оси ординат – приток м³/сек;

Рисунок 7. Ускоренное снижения сбросов в Нурекском водохранилище (Таджикистан, Аму-Дарья) и линейное уменьшение воды в Токтогульском водохранилище (Кыргызстан, бассейн Сырдарьи) 2001 – 2050 гг. моделируется с помощью пяти различных сценариев изменения климата [1]. Модели также прогнозируют возможные годовые колебания между различными годами на основе базисного периода 2001 - 2010 годов.

Мы проанализировали прошлую и настоящую годовую гидрологию, смоделировали воздействие изменения климата на реки и разработали гидрографы для сравнения современных стоков с прогнозируемыми в будущем ситуациями (рис. 8). Наиболее значительные изменения можно увидеть по рекам, которые текут из областей, где преобладают ледники.



Примечание: Цвета обозначают различные временные периоды; 5 GCM (General Climate Models) – 5 основных климатических моделей; По ординате Q ($\text{м}^3/\text{с}$) – объем стока $\text{м}^3/\text{сек}$.

Рисунок 8. Ежегодный гидрограф на Нурекском водохранилище (Таджикистан, Аму-Дарья) и Токтогульском водохранилище (Кыргызстан, бассейн Сырдарьи) в прошлом (полевые наблюдения) и в будущем моделируются с помощью пяти различных сценариев изменения климата [1]. В январе-мае сток (Q) будет оставаться равным сегодняшнему, но значительное сокращение стока произойдет в июне-ноябре из-за уменьшения ледников.

Поскольку ледники уменьшаются, возможности регулирования их стоков будут утеряны. В целом, модели не предсказывают более высоких стоков для будущих весенних периодов, но резкое изменение температуры и осадков может привести к резким пиковым стокам. Также в будущем, большие снежные бури и быстрое таяние снега может легко привести к крупным наводнениям в весеннее время.

Воздействие на горную окружающую среду

Из-за быстрого таяния и отступления краевых частей ледников, будет появляться много новых приледниковых озер. Это обычно, когда морены с ледяным ядром создают дамбы перед быстро отступающими долинными ледниками (рис. 9). Такие озера могут иметь большой объем воды и в любое время, если плотина рухнет, может произойти катастрофический паводок. Необходимы интервенции для защиты от наводнений в установленных областях, где ущерб от наводнений может быть особенно высоким.

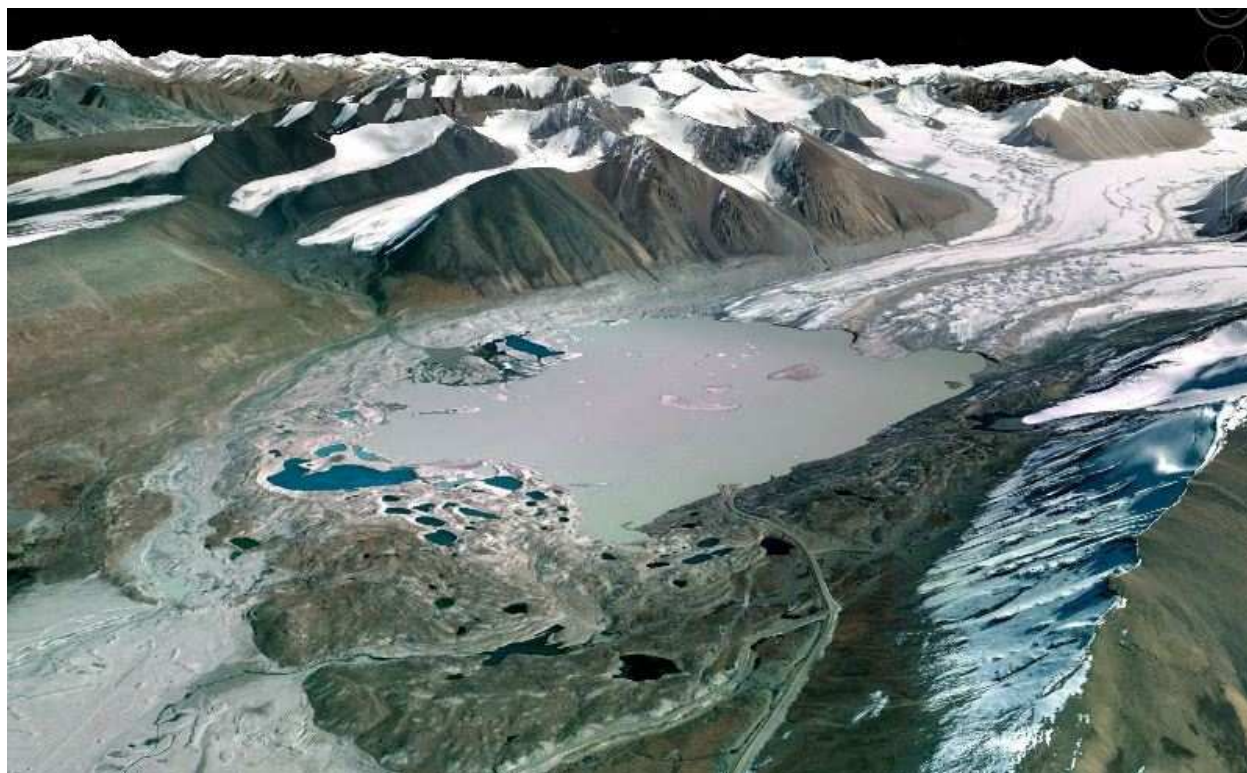
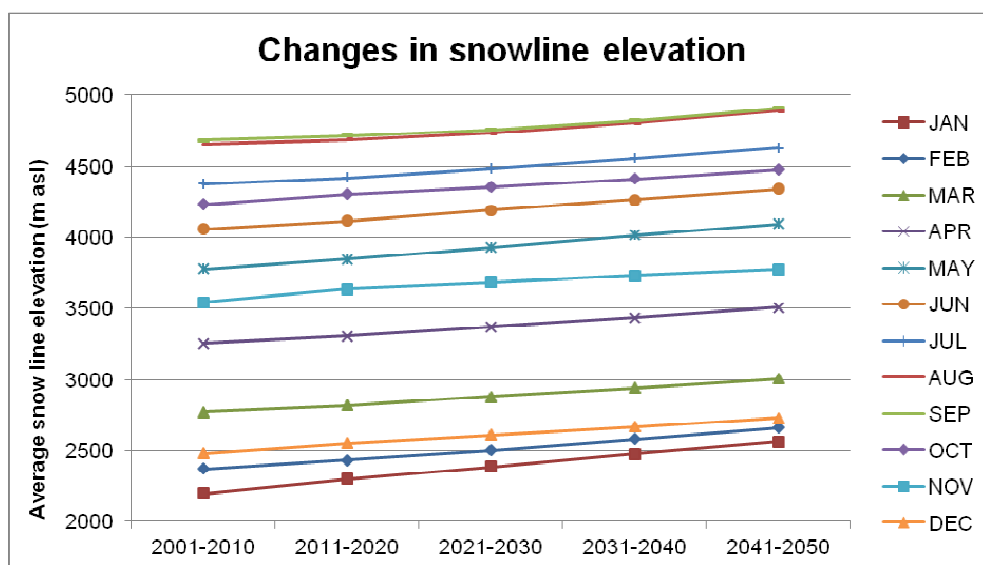


Рисунок 9. Катастрофическое наводнение может произойти, когда естественная ледяная дамба приледниковых озер разрушится (озеро Петрова, Кыргызстан. Google Earth).

До 2050 снеговая линия повысится в среднем на 200 - 300 метров (рис. 10). Склоны холмов, которые всегда были покрыты снегом, будут подвергаться эрозии. Таяние вечной мерзлоты в высокогорье сделает склоны неустойчивыми, в результате появятся оползни и сели (рис. 11). Такие бедствия могут быть опасны для населенных пунктов и инфраструктуры в низовьях реки. Результаты моделирования не указывают на возможное увеличение весенних паводков в будущем, однако увеличение селей и воздействия наводнений, по всей вероятности, могут быть более катастрофичными, чем сегодня.

Изменения в высоте снеговой линии



Примечание: Цвета обозначают различные месяцы года. По порядку, сверху вниз – январь, февраль, март, апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь. По оси ординат – высота средней снеговой линии над уровнем моря (метры)

Рисунок 10. Снеговая линия повысится на 200 - 300 метров в среднем до 2050 года.

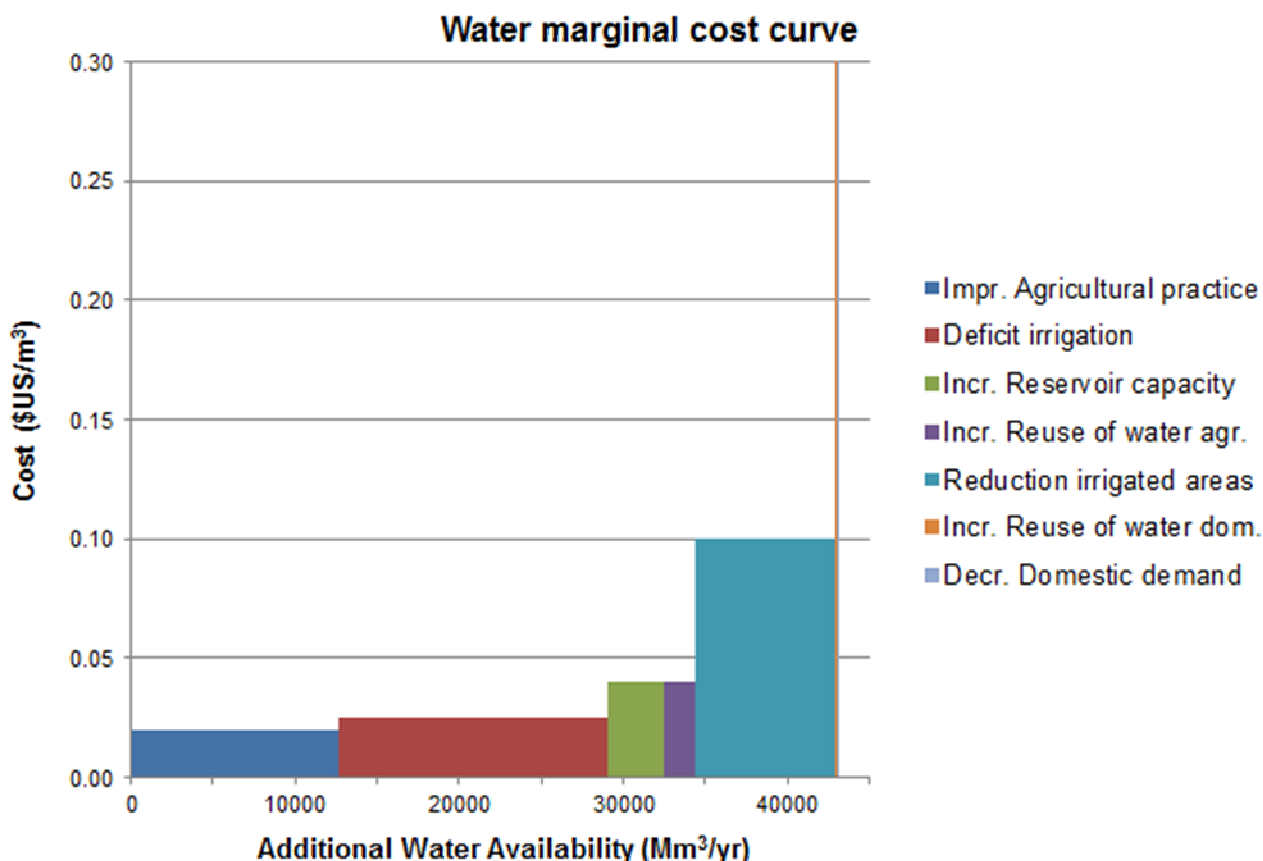


Рисунок 11. Таяние вечной мерзлоты в высокогорье приводит склоны в неустойчивое состояние, и это будет причиной возникновения оползней и селей (Майлуу-Суу, Кыргызстан. М. Punkari).

Разработка устойчивости климата и стратегия адаптации

Конечной целью проекта является оказание поддержки странам в подготовке национальных стратегий, политик и инвестиционных планов по адаптации к изменению климата. Эта новая информация даст хорошую основу для оценки рисков и планирования мероприятий по адаптации к изменению климата (рис. 12). Последствия изменения климата будут сильно различаться в разных странах Центральной Азии. Туркменистан будет в основном страдать от увеличения засухи и уменьшения водных ресурсов, особенно в период вегетации.

Диаграмма «Маргинальная стоимость воды»



Примечание: Синий - улучшенная сельскохозяйственная практика; красный - дефицитная ирригация; зеленый - увеличение емкости водохранилищ; фиолетовый - увеличение повторного использования воды с/х назначения; голубой - сокращение ирригационных площадей; по ординате - стоимость кубического метра в долларах, по абсциссе - наличие дополнительных объемов воды (Млн м³/год).

Рисунок 12. Анализ затрат и выгод от интервенций, направленных на сохранение воды в бассейне Аральского моря. Анализ показывает, что сельское хозяйство является самым важным сектором, откуда можно ожидать результаты.

Анализ показывает, что затраты на адаптацию будут выглядеть следующим образом: 1) Полное восстановление: US \$ 1,730 млн. ежегодно (2050) и 2) Восстановление изменения климата: 550 млн. долл. США ежегодно (2050). Наиболее эффективные средства для решения проблемы включают в себя:

Увеличенная емкость водохранилищ: водохранилища в регионе уже составляют большую емкость. Увеличение емкости водохранилищ на 25% приведет к снижению

неудовлетворенного спроса на 3437 млн. м3, что соответствует 8% сокращения неудовлетворенного спроса.

Улучшение сельскохозяйственной деятельности уменьшает спрос на сельскохозяйственную продукцию на 15%. Неудовлетворенный спрос на сельскохозяйственную продукцию снижается на 30%. Впоследствии неудовлетворенный внутренний спрос уменьшается на 13%. В период 2041-2050 гг. это снижает общий неудовлетворенный спрос на 12682 млн. м3 (29,4% снижения).

Увеличение повторного использования воды в орошаемом земледелии: общая эффективность орошения, с учетом повторного использования, увеличилась с 95% до 97% в районах ниже по течению, и с 90% до 92% - в районах выше по течению. Увеличение эффективности орошения в сельском хозяйстве снижает спрос на сельскохозяйственную продукцию на 2,1%. Неудовлетворенный спрос на сельскохозяйственную продукцию снижается на 4,4%. Впоследствии неудовлетворенный внутренний спрос снижается на 1,7%. В 2041-2050 гг. - это снижает неудовлетворенность спроса на 1871 млн. м3 (4,3% снижения).

Увеличение повторного использования воды во внутреннем потреблении, снижает внутренний спрос на 20%. Внутренний неудовлетворенный спрос уменьшается на 20,3%. Впоследствии сельскохозяйственный неудовлетворенный спрос уменьшается на 64 млн. м3. В период 2041-2050 гг. общий неудовлетворенный спрос уменьшается на 203 млн. м3 (0,5% снижения).

Сокращение орошаемых площадей снижает спрос на сельскохозяйственную продукцию на 10%. Неудовлетворенный сельскохозяйственный спрос уменьшается на 20,3%. Впоследствии неудовлетворенный внутренний спрос снижается на 8,8%. В период 2041-2050гг это снижает неудовлетворенный спрос на 8697 млн. м3 (20,2% снижения).

Снижение внутреннего спроса снижает внутренний неудовлетворенный спрос на 10,1%. Неудовлетворенный сельскохозяйственный спрос уменьшается на 32 млн. м3. Снижение внутреннего спроса на 10% снижает общий неудовлетворенный спрос на 102 млн. м3 в период 2041-2050гг (0,2% снижения).

Применение дефицитного орошения к сельскохозяйственным угодьям снижает спрос на сельскохозяйственную продукцию на 20%, поскольку скорость эвапотранспирации сильно уменьшаться. Неудовлетворенный спрос на сельскохозяйственную продукцию снижается на 39%. Впоследствии неудовлетворенный внутренний спрос уменьшается на 18%. В период 2041-2050гг это снижает общий неудовлетворенный спрос на 16617 млн. м3 (38,5% снижения).

Citation:

Punkari, M., P. Droogers, W. Immerzeel, A. Lutz, N. Pimenoff & A. Venäläinen (2012). Water and Adaptation Interventions in Central and West Asia. Final Report. Asian Development Bank Project TA 7532. (by FCG Finnish Consulting Group, Finnish Meteorological Institute and FutureWater)