



CAMP4ASB
Climate Adaptation & Mitigation
Program for Aral Sea Basin
CENTRAL ASIA

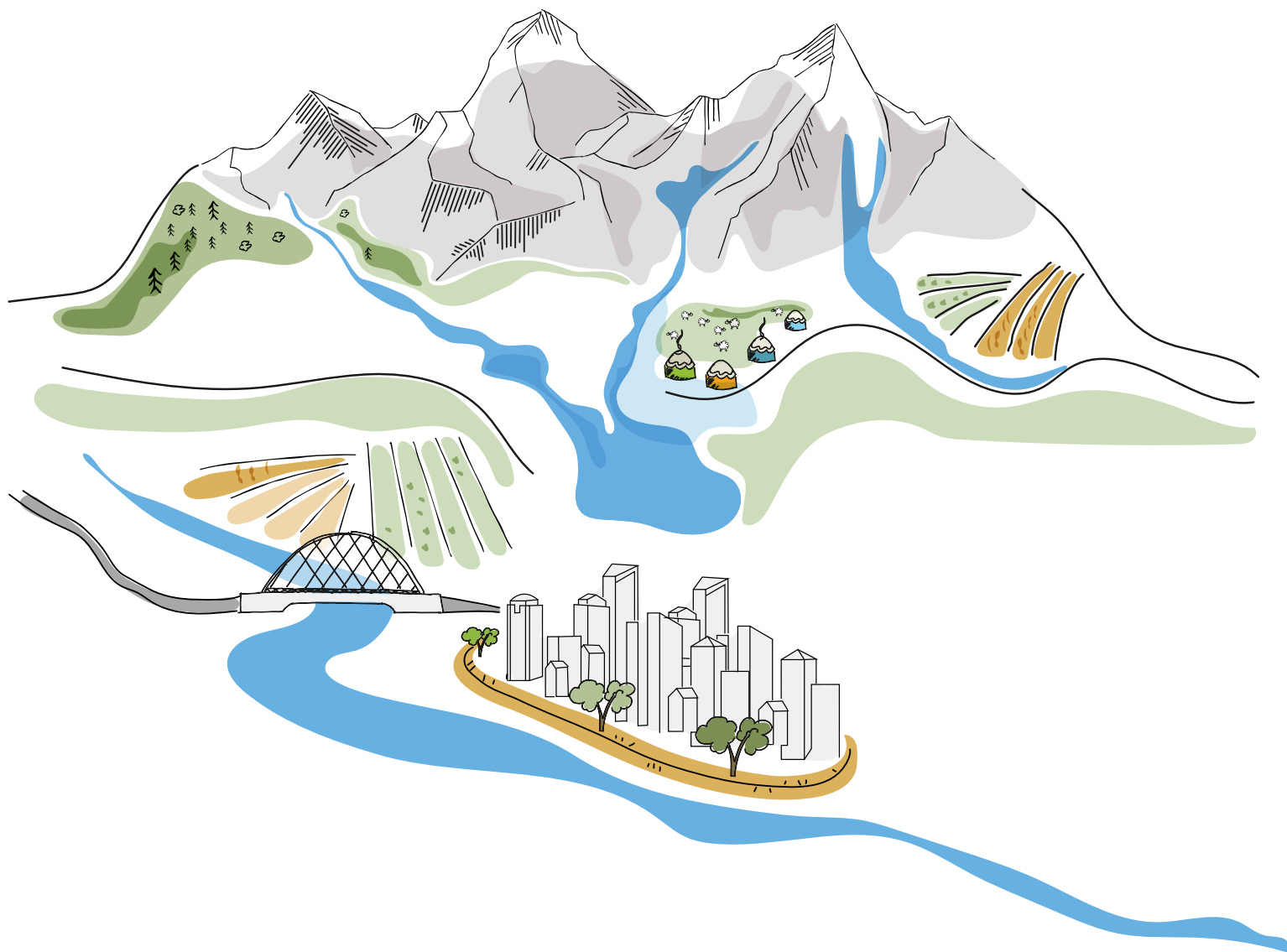


THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP



Изменение климата и гидрология в Центральной Азии

исследование отдельных речных бассейнов



Изменение климата и гидрология в Центральной Азии: исследование отдельных речных бассейнов

© 2019, Региональный экологический центр Центральной Азии

Эта публикация может быть воспроизведена полностью или частично в любой форме для образовательных или некоммерческих целей без специального разрешения правообладателей при условии указания источника.

Выражаем благодарность

Программе по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий для бассейна Аральского моря (CAMP4ASB), финансируемой Международной ассоциацией развития (МАР) Всемирного банка, которая оказала поддержку в процессе разработки методов, подходов и инструментов для принятия решений и информационных материалов по изменению климата в Центральной Азии.

Примечание об ответственности

Мнения, выраженные в этом документе, принадлежат авторам и не обязательно отражают взгляды организаций-партнеров и государственных органов.

Способ представления материала и использованные в тексте названия и обозначения не подразумевают выражения какого-либо мнения относительно правового статуса каких-либо территорий, стран, городов, регионов, их властей и относительно их границ. Мы заранее приносим извинения за любые ошибки или упущения, которые могли быть непреднамеренно допущены в настоящей публикации.

Настоящий доклад основан на исследованиях группы специалистов: Алии Нурбаценой (Казахстан), Александра Пака (Узбекистан) и Вохида Хамидова (Таджикистан), использовавших Интегрированную почвенно-гидрологическую модель (SWIM) для долго-, кратко- и среднесрочных прогнозов речного стока.

Научное руководство по применению модели SWIM и содействие в гидрологическом моделировании: Анастасия Лобанова и Юлия Дидовец, Потсдамский институт изучения воздействия на климат (PIK).

Общее руководство проектом CAMP4ASB в Региональном экологическом центре Центральной Азии: Искандар Абдуллаев (исполнительный директор), Ирина Бекмирзаева (руководитель программы).

Вклад в реализацию компонента проекта Атабек Умирбеков (специалист), Бабагалиева Жанна (специалист).



Издание подготовлено к печати Экологической сетью «Зой», Женева

Карты: Маттиас Байлштайн

Оформление и макет: Каролин Даниэль

Изменение климата и гидрология в Центральной Азии

исследование отдельных речных бассейнов

Введение

Исследуемые речные бассейны



10 **Есиль и Жабай**

типичные для климатических и гидрологических систем равнин Центральной Азии реки – берут начало в степной зоне северного Казахстана. Их средний сток невелик, однако на них возможны сильные весенние паводки, а расход воды может варьироваться от года к году.

14 **Бухтарма**

горная река с мощным потоком и средними порогами, которая берет начало в горах Алтая, питающих ее ледниковыми и тальми снежными водами, благодаря своей живописности популярна среди туристов.

16 **Зеравшан**

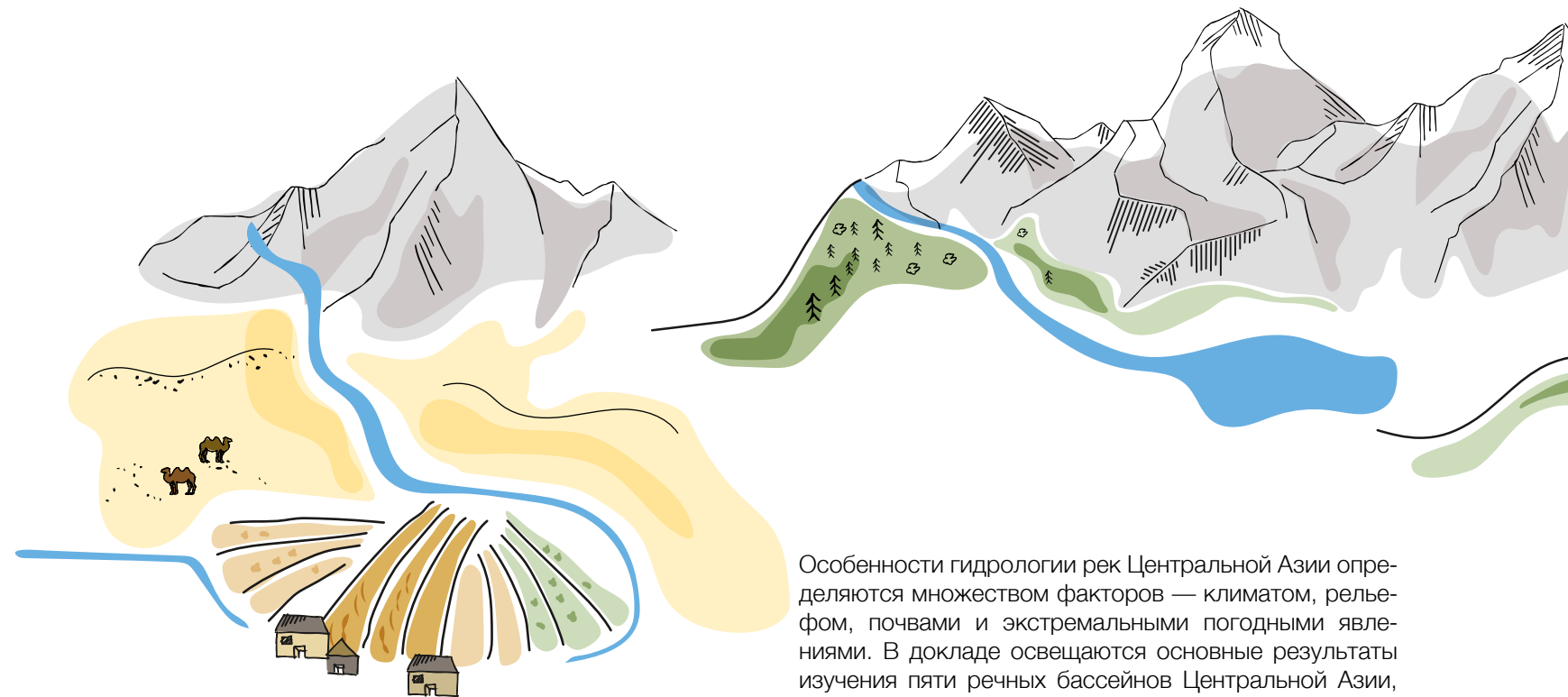
берет начало в ледниках Памиро-Алайских гор Таджикистана и несет свои воды в густонаселенные районы Самарканда и Бухары в Узбекистане, где проживает около 6 миллионов человек.

18 **Кафирниган**

берет начало среди высоких гор центрального Таджикистана и протекает через районы с резко различающимся климатом: от влажного до засушливого и от ледяного до жаркого пустынного. Водные ресурсы реки используются для орошения, хозяйственно-питьевых и промышленных нужд.

20 **Мургаб**

вытекает с засушливых высокогорий центрального Афганистана, протекает по территории Туркменистана и заканчивается в песках Каракумов. Сельское хозяйство является основным потребителем воды в бассейне.



Особенности гидрологии рек Центральной Азии определяются множеством факторов — климатом, рельефом, почвами и экстремальными погодными явлениями. В докладе освещаются основные результаты изучения пяти речных бассейнов Центральной Азии, иллюстративный материал снабжен краткими описаниями для широкого круга читателей.

Температура, осадки, площадь постоянного снежного покрова в бассейне и количество воды и снега (в пересчете на талый сток), а также солнечная радиация и испарение являются ключевыми метеорологическими факторами, определяющими гидрологические условия. Почвы и растительный покров, уклон поверхности и геологические факторы, а также регулирование человеком и отвод водного стока играют большую роль в снижении или увеличении интенсивности паводков и распределении воды в пределах бассейна. Комплексная почвенно-гидрологическая модель, используемая в этом исследовании, позволяет представить речной бассейн в виде системы. Она моделирует гидрологические, биогеохимические и растительные процессы, а также учитывает антропогенное воздействие – влияние водохранилищ, орошения и забора воды.

Гидрометеорологические службы стран Центральной Азии составляют прогнозы погоды на 5–7 дней с точностью до 80–90%. Составление сезонного прогноза погоды является более сложной задачей. Гидрологические прогнозы основаны на прогнозах погоды, причем пользователи преимущественно заинтересованы в долгосрочных сезонных прогнозах водности рек и предупреждениях о наводнениях. Это очень сложная задача, связанная с высокой ответственностью за человеческие жизни, сохранность сельскохозяйственных культур, производство гидроэлектроэнергии, регулирование водных ресурсов и инфраструктуру. Прогнозы изменения климата не могут быть точными, поскольку зависят от предположений об объеме выбросов парниковых газов во всемирном масштабе, глобальных атмосферных процессов и моделей кли-



мата. В настоящем исследовании использовались сценарии со средним и высоким уровнями выбросов.

Ни одна из климатических моделей не способна надежно прогнозировать количество или тип осадков — дождь или снег — в конкретных речных бассейнах, особенно для горной местности. Однако в региональном масштабе ожидается, что северные районы Центральной Азии со временем будут становиться более влажными, а южные — более сухими, что соответствует наблюдаемым в последнее время тенденциям, согласно данным мониторинга изменения климата, проводимого Северо-Евразийским климатическим центром, и данным, приведенным в национальных сообщениях стран для Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Горные районы имеют разный климат, и изменения в них могут быть совершенно различными. Все модели предсказывают умеренное или значительное потепление климата в интервале от 2 °C до 6 °C к середине и концу века по сравнению с современным температурным режимом.

Прогнозы водного стока были усреднены для периодов до 2040 года, 2041–2070 годов и 2071–2100 годов и сопоставлены с данными за период 1981–2010 годов. До 2040 года для любого из рассматриваемых речных бассейнов ожидаются слабо выраженные гидрологические изменения или вообще никаких существенных изменений. Впоследствии изменения более вероятны, а их величина будет со временем расти.

Сезонные максимумы расхода воды, скорее всего, сместятся на более ранние сроки. Половодье на реках Есиль-Жабай, вероятно, увеличится, что уже наблюдается в виде разливов и подтоплений. Сокращение площади ледников в бассейнах Бухтармы и Зеравшана и более интенсивное таяние снега весной означают, что летом будет меньше воды, — это тревожная перспектива для густонаселенных районов в среднем и нижнем течении Зеравшана, для которых орошение очень важно.

Расход реки Кафирниган зависит от накопления снега зимой, а также количества и интенсивности осадков весной. Потепление приведет к более раннему таянию снега и может усложнить управление водными ресурсами.

Реки Зеравшан и Кафирниган играют важную роль в ирригации и растениеводстве в Узбекистане и Таджикистане. Эффективность управления водными ресурсами в сельском хозяйстве можно повысить, начиная с водозаборов, насосов и каналов и заканчивая отдельными полями и растениями, с помощью внедрения капельного орошения, выравнивания полей и подбора культур. Многие крестьяне уже сейчас используют эти меры адаптации к изменению климата для экономии воды и защиты почвы. Некоторые фермеры уже собирают дождевую воду и защищают урожаи от экстремальных и неожиданных погодных явлений с помощью теплиц и защитных лесонасаждений. Органы управления улучшают меры по координации и обеспечению готовности к чрезвычайным ситуациям, очищают дренажные системы и пересматривают меры защиты от наводнений в бассейнах рек Есиль-Жабай и Бухтарма.

Из исследуемых рек наиболее уязвимой к изменению климата является Мургаб, в ближайшие десятилетия здесь вероятно сокращение стока. Последствия этого сокращения могут оказаться серьезными в сфере обеспеченности водой, особенно для сельскохозяйственных потребителей ниже по течению.

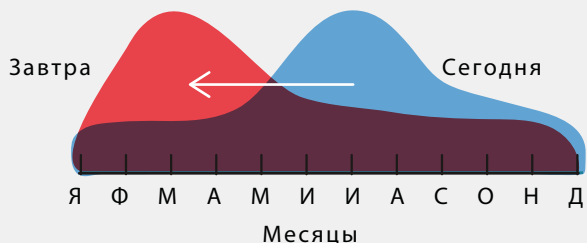
По мере повышения температуры больше осадков может выпадать в виде дождя, а не снега, а ледовый и снежный покров могут уменьшиться из-за меньшего количества снега и повышения температур. Эти изменения повлияют на сток рек как с точки зрения распределения во времени, так и объема. На графиках речного стока представлены прогностические оценки при двух климатических сценариях на основе различных сценариев выбросов парниковых газов, предусматривающих умеренное (RCP 4.5) и значительное (RCP 8.5) потепление.

О гидрологии рек

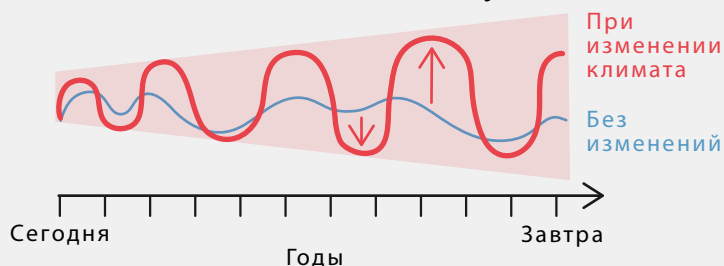
Изменение климата в высокогорных районах и влияние на водные ресурсы Центральной Азии



1 Изменение сезонного распределения стока



2 Более выраженные различия в водности от года к году



3 С ледниками



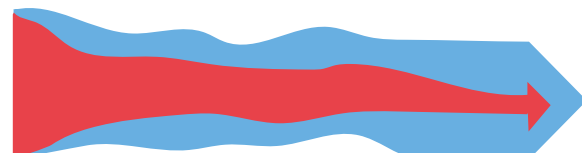
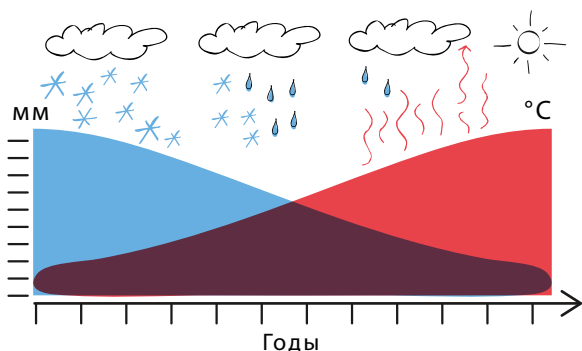
Настоящее
Сток с ледников особенно важен в жаркие и сухие летние месяцы

Без ледников



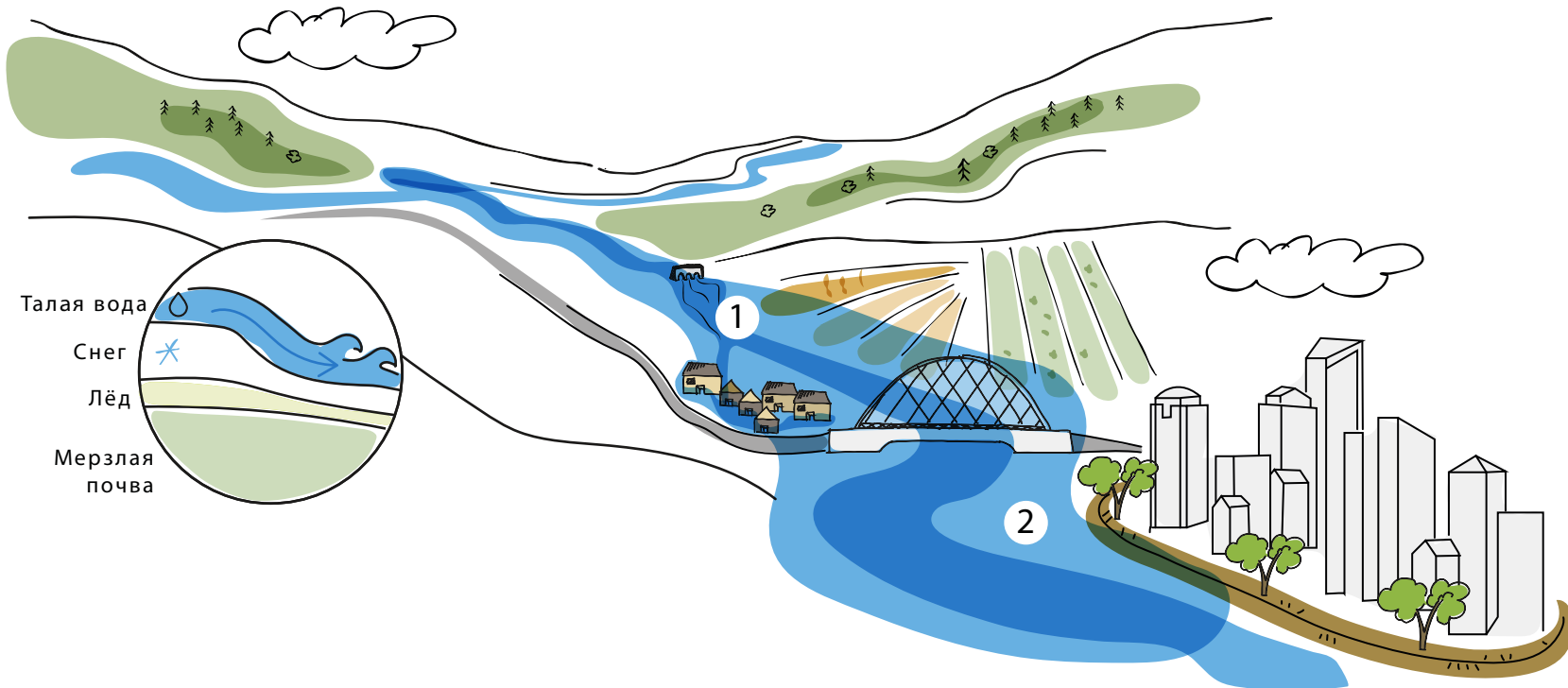
Через 50 – 70 лет
Менее надежное водообеспечение в жаркие и сухие годы

4 Сокращение устойчивого снежного покрова под влиянием потепления

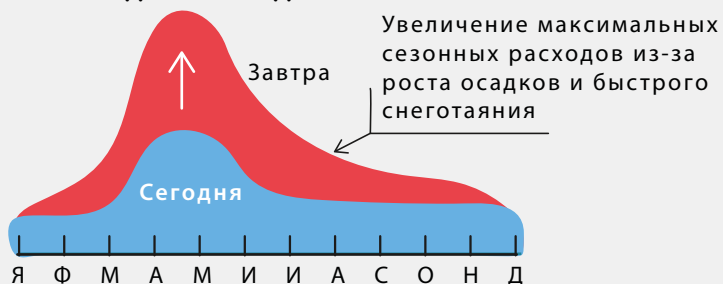


Некоторое снижение речного стока за счет испарения

Изменение климата на севере степной зоны Центральной Азии и его влияние на водные ресурсы



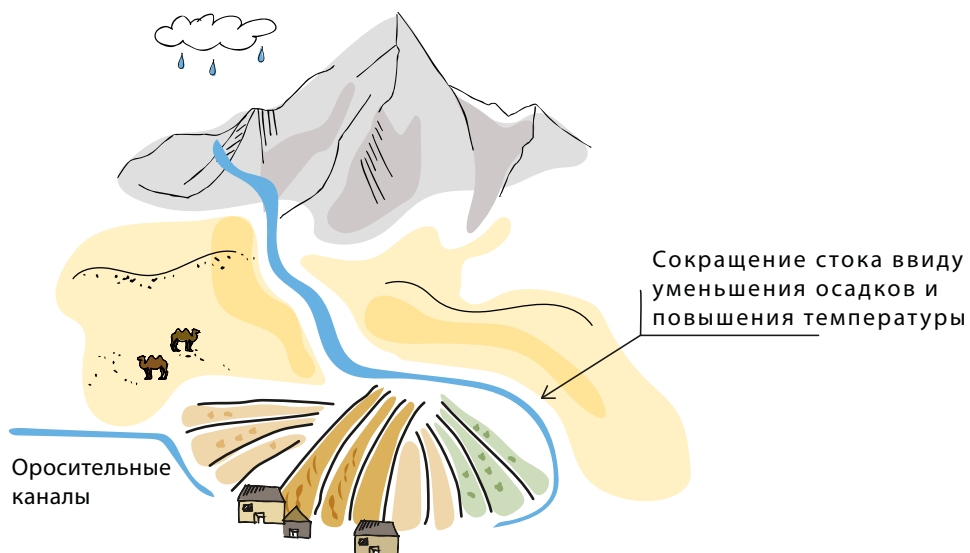
1 Максимальные сезонные расходы воды и наводнения



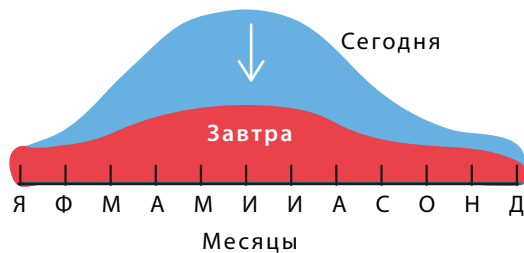
2 Площадь затопления



Изменение климата в южных пустынных и среднегорных районах Центральной Азии и его влияние на водные ресурсы




Значительное сокращение стока



Есиль и Жабай



Гидрография и рельеф

- - - - - Речной бассейн
- +++++ Государственные границы
-  Среднегодовой расход воды (м³/с)

В верховьях река Есиль — это типичная небольшая равнинная река Центральной Азии со средним расходом $4 \text{ м}^3/\text{с}$ в районе Астаны, крупнейшего города бассейна. Ниже по течению расположен относящийся к бассейну реки Есиль бассейн реки Жабай с водосборной площадью $8\,800 \text{ км}^2$ и средним расходом $8 \text{ м}^3/\text{с}$. В совокупности бассейн реки Есиль занимает площадь $177\,000 \text{ км}^2$ и является самой крупной по площади речной системой среди исследуемых. Моделированием была охвачена только часть ($5\,400 \text{ км}^2$) бассейна реки Есиль выше Астаны и бассейн реки Жабай на всем его протяжении.

Ниже Астаны и после впадения реки Жабай и других рек, расход воды в реке Есиль увеличивается до $40\text{--}50 \text{ м}^3/\text{с}$ в пределах Казахстана и возрастает вдвое на территории России, где река меняет свое название на Ишим и впадает в реку Иртыш, несущую свои воды в Северный Ледовитый океан. Общая длина реки Есиль составляет 2450 км , питание реки в основном обеспечивается весенним таянием снегов и дождевыми осадками. Климат континентальный с умеренным количеством осадков и колебаниями температуры от $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+35 \text{ }^\circ\text{C}$. Вблизи Астаны канал протяженностью 20 км соединяет Есиль с рекой Нура, обеспечивая столицу дополнительной водой.

Весной, когда начинается таяние снега, снег тает быстрее, чем лед на реке, и талая вода по замерзшей земле стекает в реку Есиль. За 2–3 недели быстрого таяния снега река достигает расхода 1000 м^3 воды в секунду и более в районе Астаны и до 1700 м^3 в секунду ниже по течению в Атбасаре на реке Жабай, где уровень воды может повышаться на 6 метров, нанося значительный ущерб инфраструктуре и имуществу. Когда в регионе наступает внезапное потепление, половодье может усиливаться довольно быстро, что затрудняет прогнозирование сроков и масштаба явления. Еженедельные гидрологические прогнозы, наряду с данными измерений, могут предупредить о предстоящем наводнении, однако прогнозировать масштаб половодья сложно.

Сельское хозяйство в бассейне использует воду из реки Есиль для животноводства и орошения, однако большая часть посевов являются богарными, а среди основных водопользователей выделяются жилищно-коммунальное хозяйство и промышленность. Воды для снабжения городов достаточно, но рост населе-

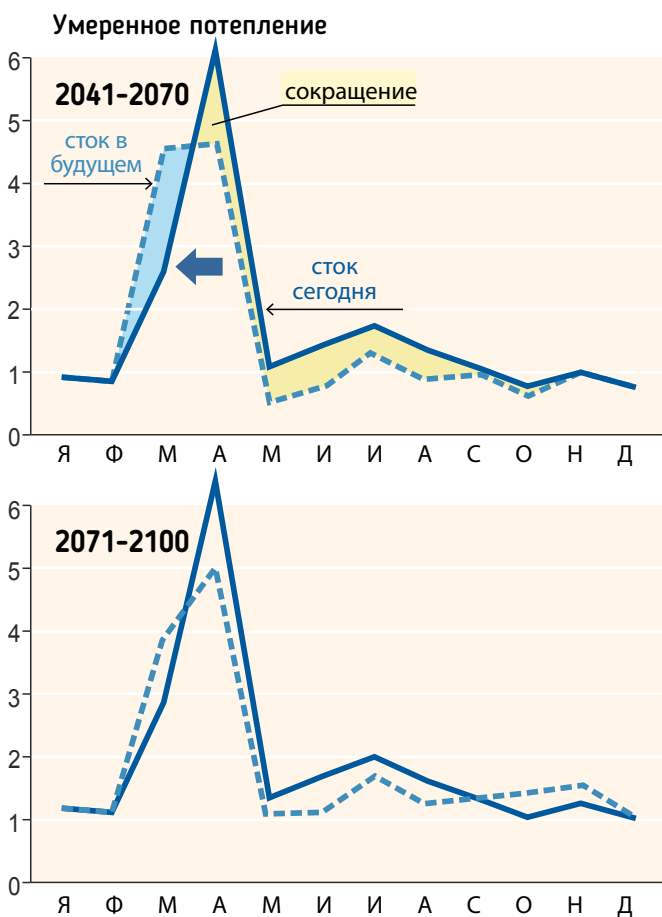


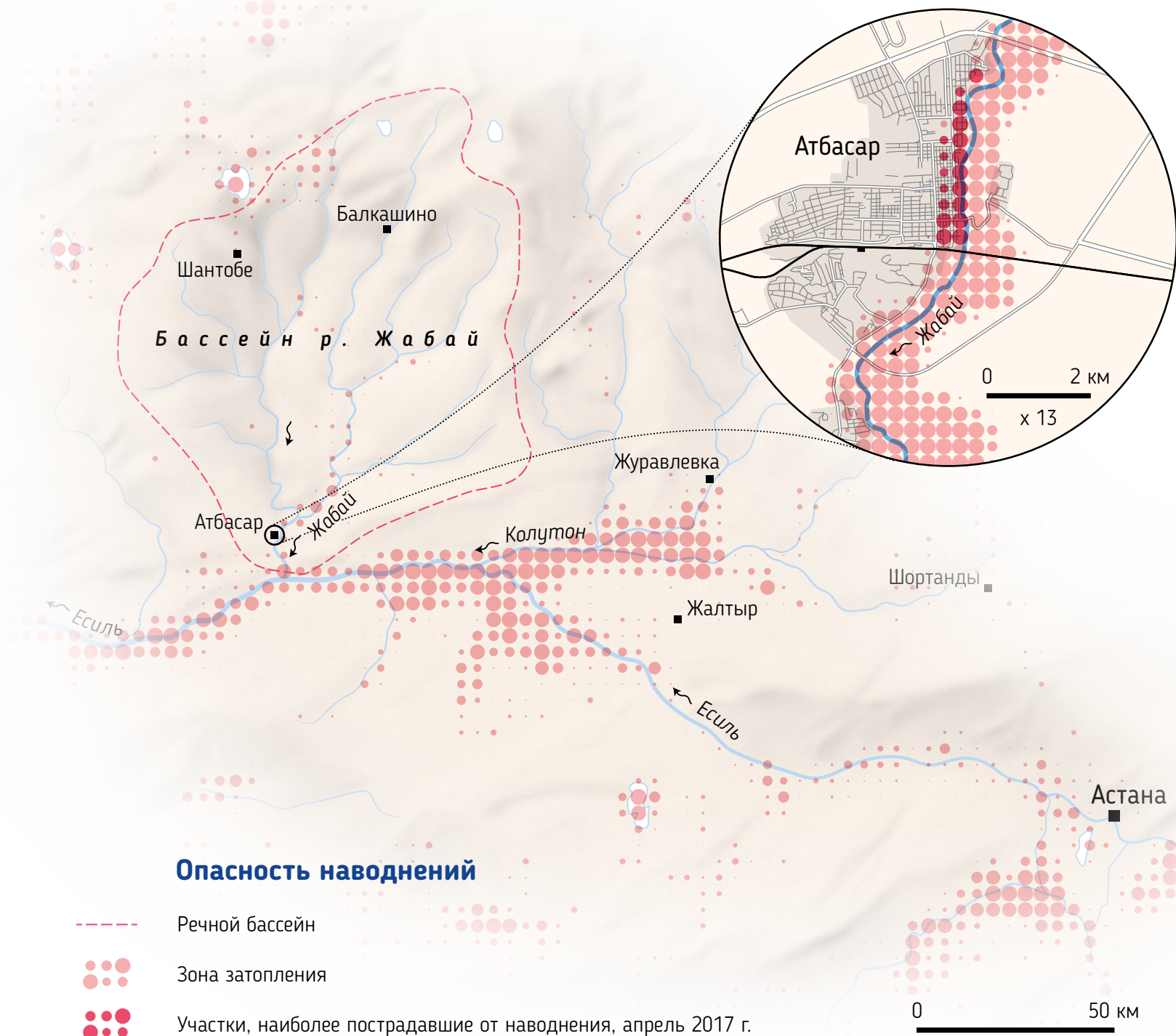
Прогнозируемое воздействие изменения климата на гидрологию

- Увеличение осадков
- Увеличение стока
- Усиление паводков весной
- Сдвиг пика расхода воды на более ранние даты
- Рост температуры

ния сопровождается повышением спроса на воду. При обоих сценариях потепления (умеренном и сильном) к 2041–2070 гг. наивысший среднемесячный расход воды в период половодья на реке Есиль, возможно, снизится и будет наблюдаться в течение двух месяцев (март-апрель), а не только в апреле, как сейчас. На реке Жабай к концу столетия ожидается общее увеличение стока при обоих сценариях потепления, причем особенно существенно увеличится максимальный сезонный расход в апреле.

Река Есиль: прогнозируемые изменения гидрологического режима Среднемесячный расход воды в м³/с





Опасность наводнений

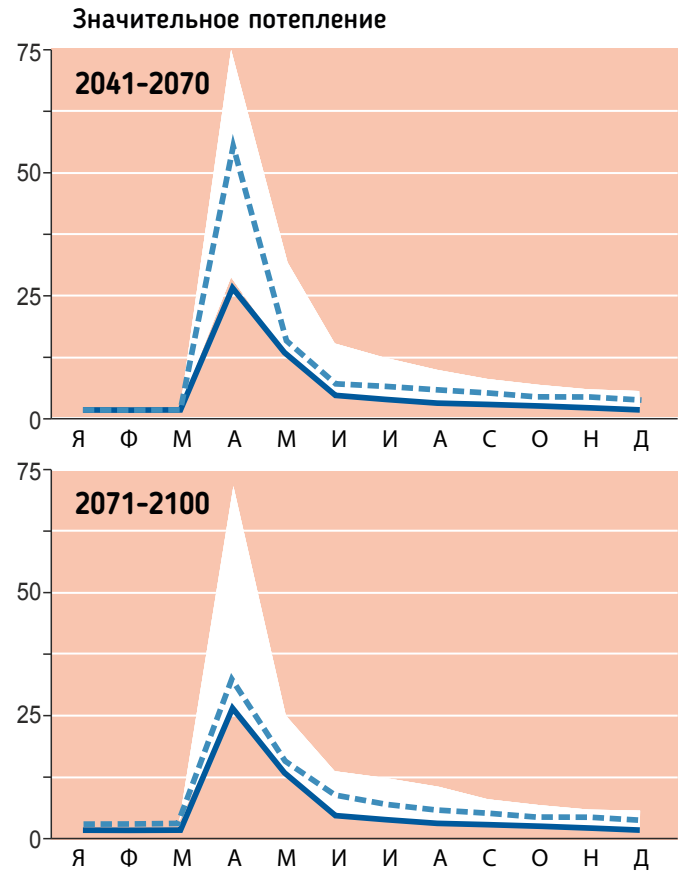
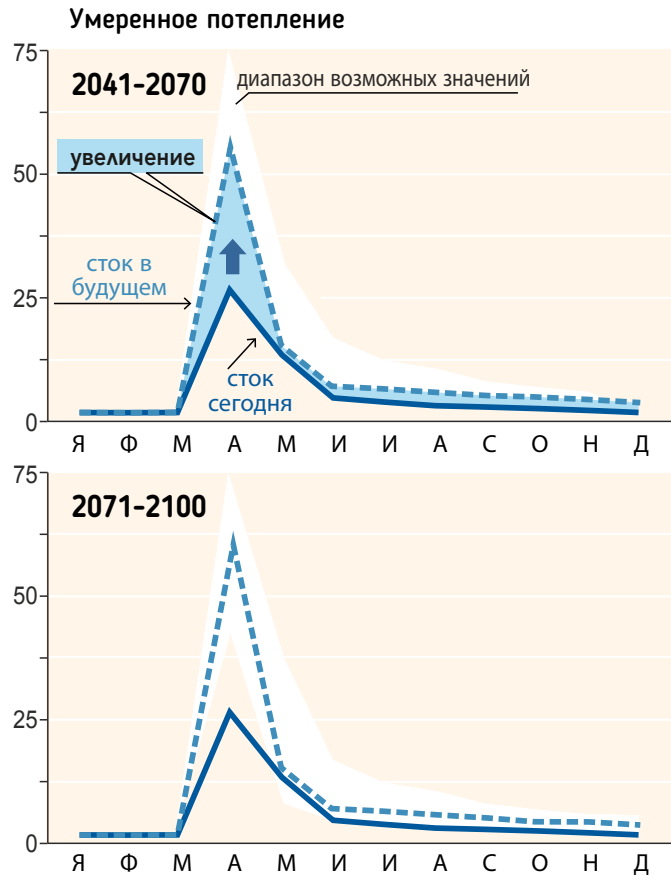
- - - Речной бассейн
- Зона затопления
- Участки, наиболее пострадавшие от наводнения, апрель 2017 г.

Население и органы власти все больше обеспокоены увеличением масштабов весеннего половодья в нижнем течении реки Жабай и в среднем течении реки Есиль. Поскольку наводнения усиливаются, защитные береговые сооружения не всегда способны выдержать натиск воды. В настоящее время столицу Казахстана Астану окружает обширный зеленый пояс с водоотводными сооружениями, защищающий жителей и город от зимних штормовых ветров и весенних наводнений. Небольшие города также

вкладывают существенные средства в защитные гидротехнические сооружения. Тем не менее в апреле 2017 года в городе Атбасаре в нескольких местах прорвало дамбу, в результате чего усиленная ветром и дождем волна затопила более 450 домов, около 1400 человек остались без крова и были перекрыты дороги. Результаты моделирования показывают, что в будущем такие события могут стать более частыми и интенсивными, а возможно, даже обычными в этой местности.

Река Жабай: прогнозируемые изменения гидрологического режима

Среднемесячный расход воды в м³/с



Бухтарма

Река Бухтарма берет начало в ледниках Алтая на востоке Казахстана и течет с высоты 4 500 м до уровня 400 м над уровнем моря при среднем расходе воды 214 м³/с. Эта полноводная река известна своей чистой водой. Минимальный расход воды наблюдался в 2004 году и составил 40 м³/с, а максимальный — в апреле 2015 года и составил 2700 м³/с.

Сельское хозяйство представлено преимущественно богарным земледелием и пастбищным скотоводством. В бассейне ведется добыча полезных ископаемых, по его территории разбросаны небольшие города и поселки. На реке Иртыш действует каскад гидроэлектростанций, на реке Бухтарма их нет. Благодаря

порогам и живописным пейзажам Бухтарма привлекает много туристов.

При обоих сценариях потепления на 2041–2070 гг. максимальные значения расхода реки Бухтарма смещаются на более раннее время с резким увеличением в апреле (в два раза по сравнению с современными значениями) и некоторым снижением в мае. К 2071–2100 гг. по сценарию умеренного потепления изменение весеннего стока будет таким же, как в предшествующий период, однако летний сток заметно сократится. При сценарии значительного потепления максимум стока смещается на один месяц вперед (с мая на апрель), в то время как расход воды в летние месяцы может сократиться на 50–100 м³/с.

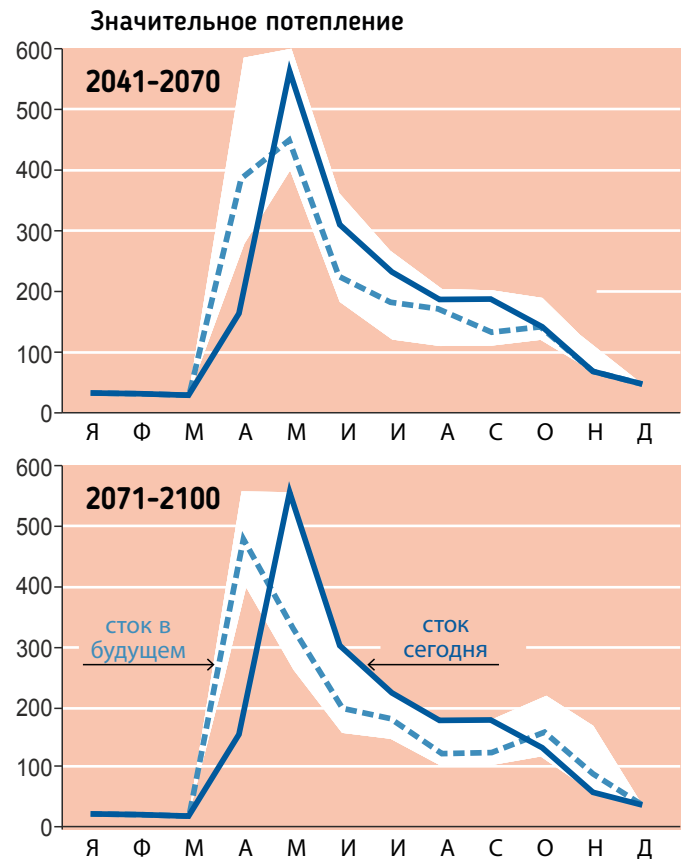
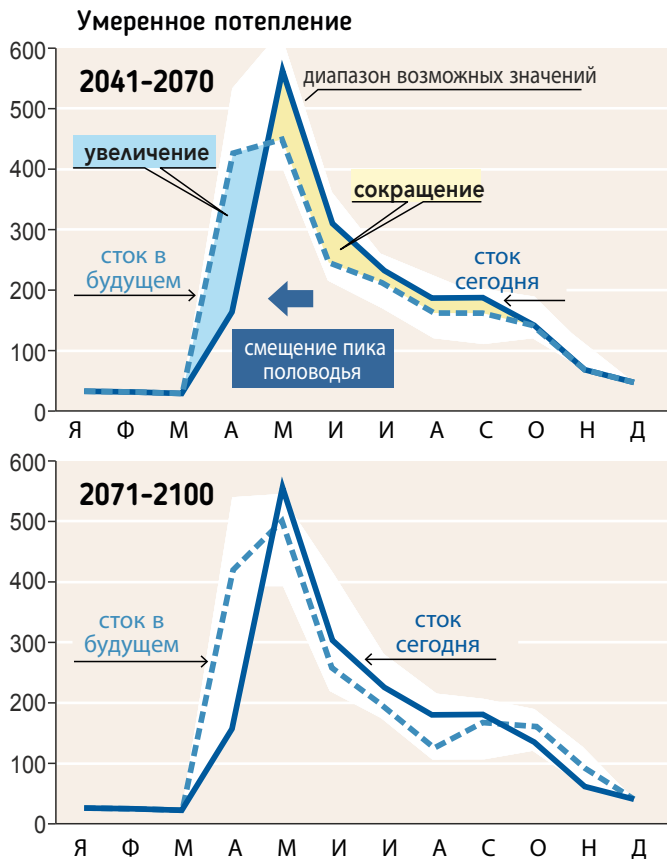


Прогнозируемое воздействие изменения климата на гидрологию



Река Бухтарма: прогнозируемые изменения гидрологического режима

Среднемесячный расход воды в м³/с



Кафирниган



Река Кафирниган стекает вниз с высоты около 3 000 метров в горах центрального Таджикистана до высоты 300 м над уровнем моря. В верховьях реки выпадает более 1000 мм осадков в год. Расположенная ниже южная часть бассейна имеет более жаркий и засушливый климат, там практически не бывает снега. Реку питают несколько ледников, но большую часть стока обеспечивает весеннее таяние снега. В верховьях реки находится значительная часть промышленного потенциала Таджикистана, густонаселенная Гиссарская долина и город Душанбе, там же расположены живописные курорты, места отдыха, источники минеральных вод и горячие источники.

Общая протяженность реки составляет 387 км, площадь водосбора 11 000 км². Среднегодовой расход составляет 164 м³/с, а максимальный расход во время паводка – до 1200 м³/с. Резкое потепление в горах и сильные осадки, иногда до 30 мм в сутки, могут вызывать серьезные наводнения.

Река Кафирниган в меньшей степени зависит от ледников, поэтому их таяние не окажет на нее большого влияния, но потепление приведет к увеличению стока воды весной и его уменьшению летом. Рост населения ставит под угрозу все большее число людей и объектов, а строительство нового жилья и расширение сельского хозяйства рядом с руслом реки усугубляют опасность последствий наводнений.

Согласно сценарию умеренного потепления в 2041–2070 гг., максимальный расход воды не будет существенно отличаться от современного, но будет наблюдаться раньше и быстрее уменьшаться. При сценарии существенного потепления в 2071–2100 гг. максимальный расход воды будет наблюдаться значительно раньше и будет меньше современного. В летние месяцы возможно существенное сокращение стока.

Гидрография и рельеф

- Речной бассейн
- +++++ Государственные границы
- Среднегодовой расход воды (м³/с)
- ~ Забор воды на орошение и другие цели

Река Кафирниган: прогнозируемые изменения гидрологического режима

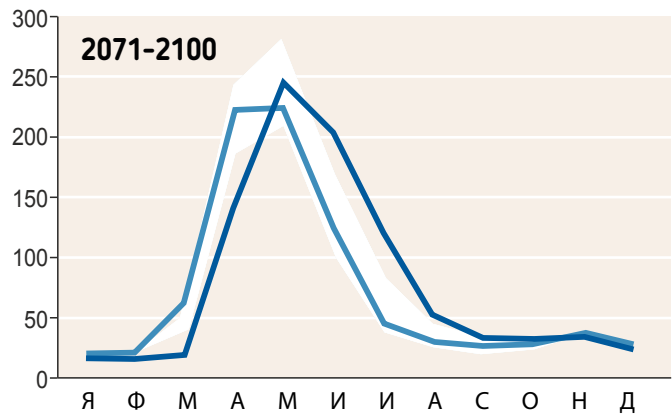
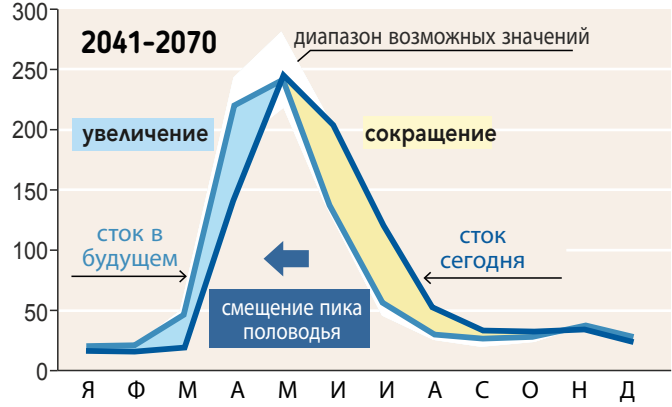
Среднемесячный расход воды в м³/с



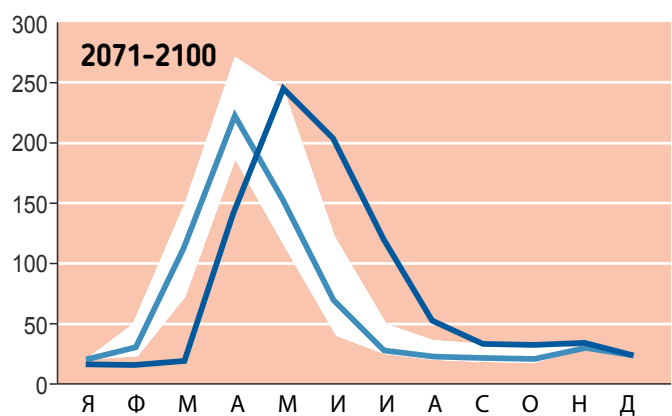
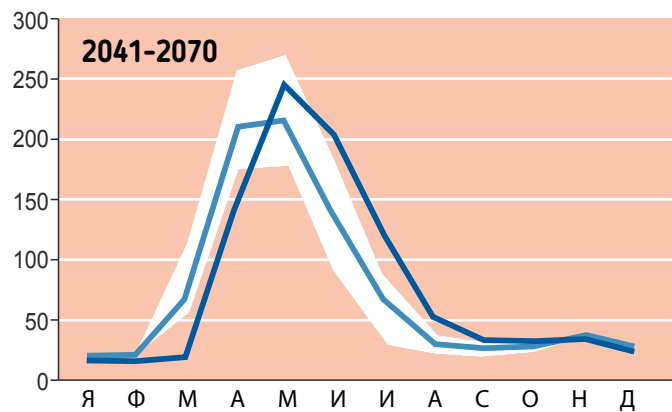
Прогнозируемое воздействие изменения климата на гидрологию

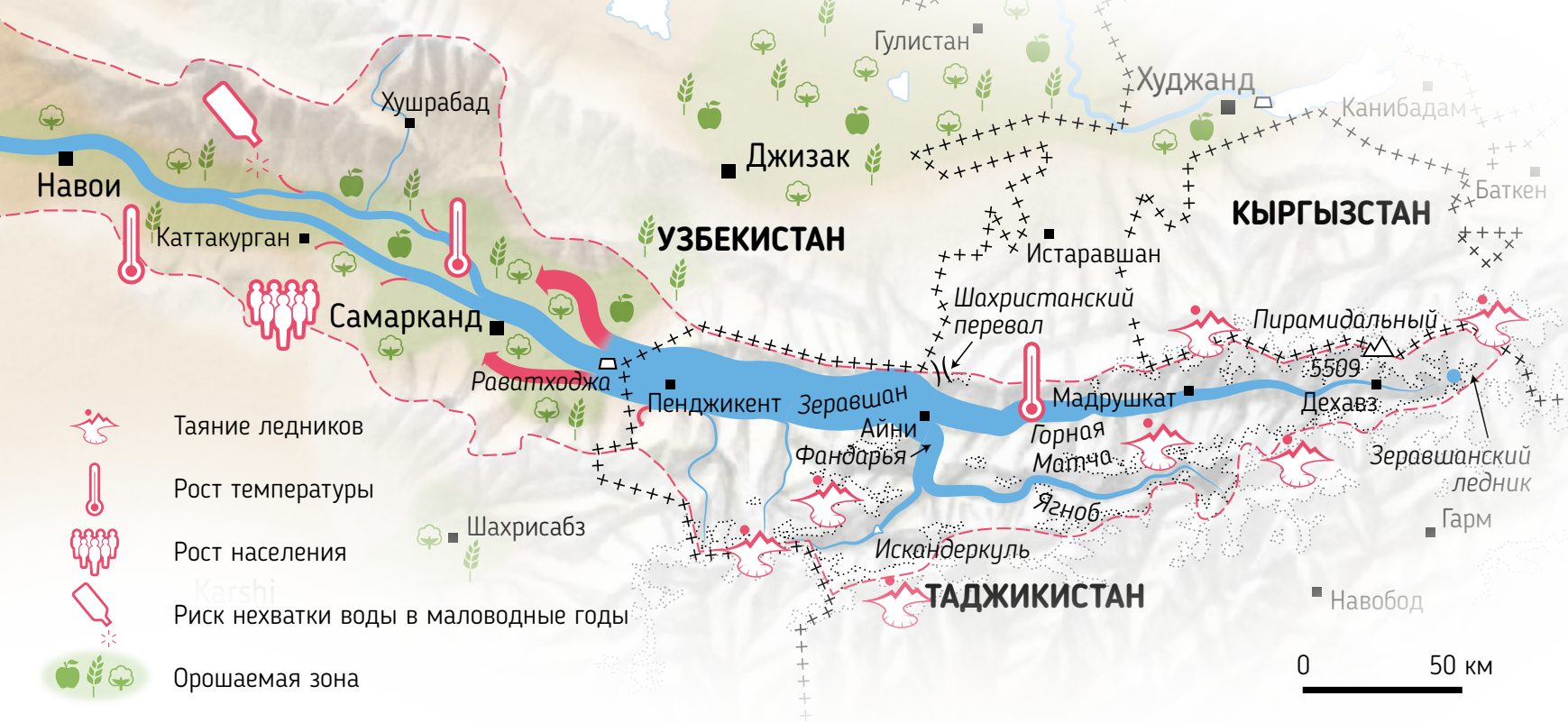
- Усиление паводков весной
- Сдвиг пика расхода воды на более ранние даты
- Сокращение осадков
- Таяние ледников
- Быстрое таяние снежного покрова
- Рост температуры
- Рост населения
- Орошаемая зона

Умеренное потепление



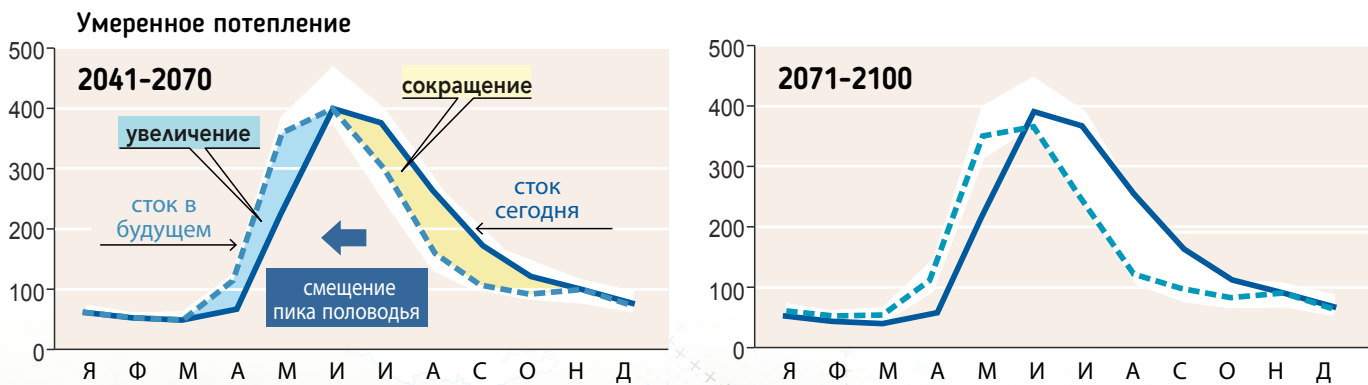
Значительное потепление

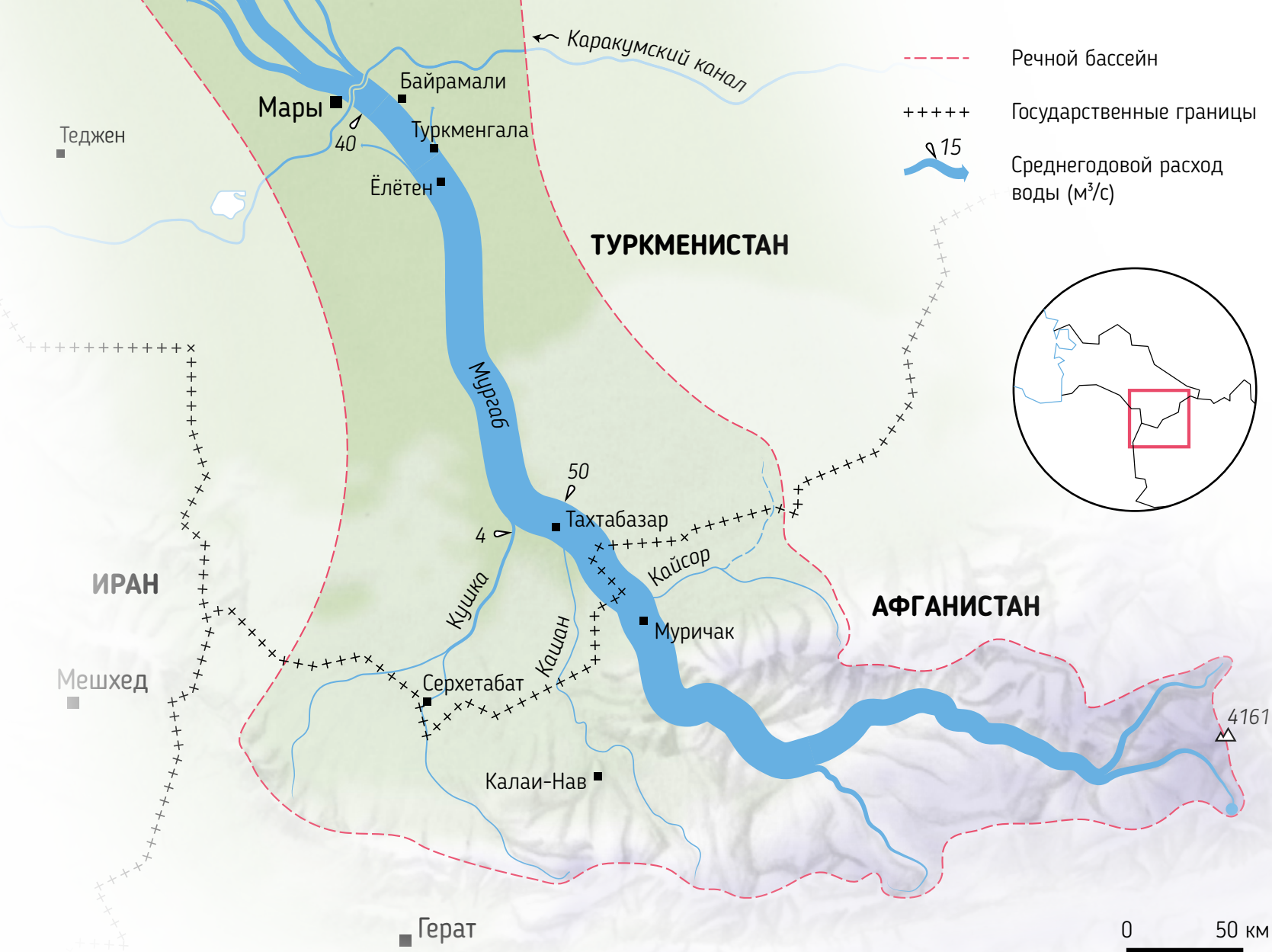




Река Зеравшан: прогнозируемые изменения гидрологического режима

Среднемесячный расход воды в м³/с





Гидрография и рельеф

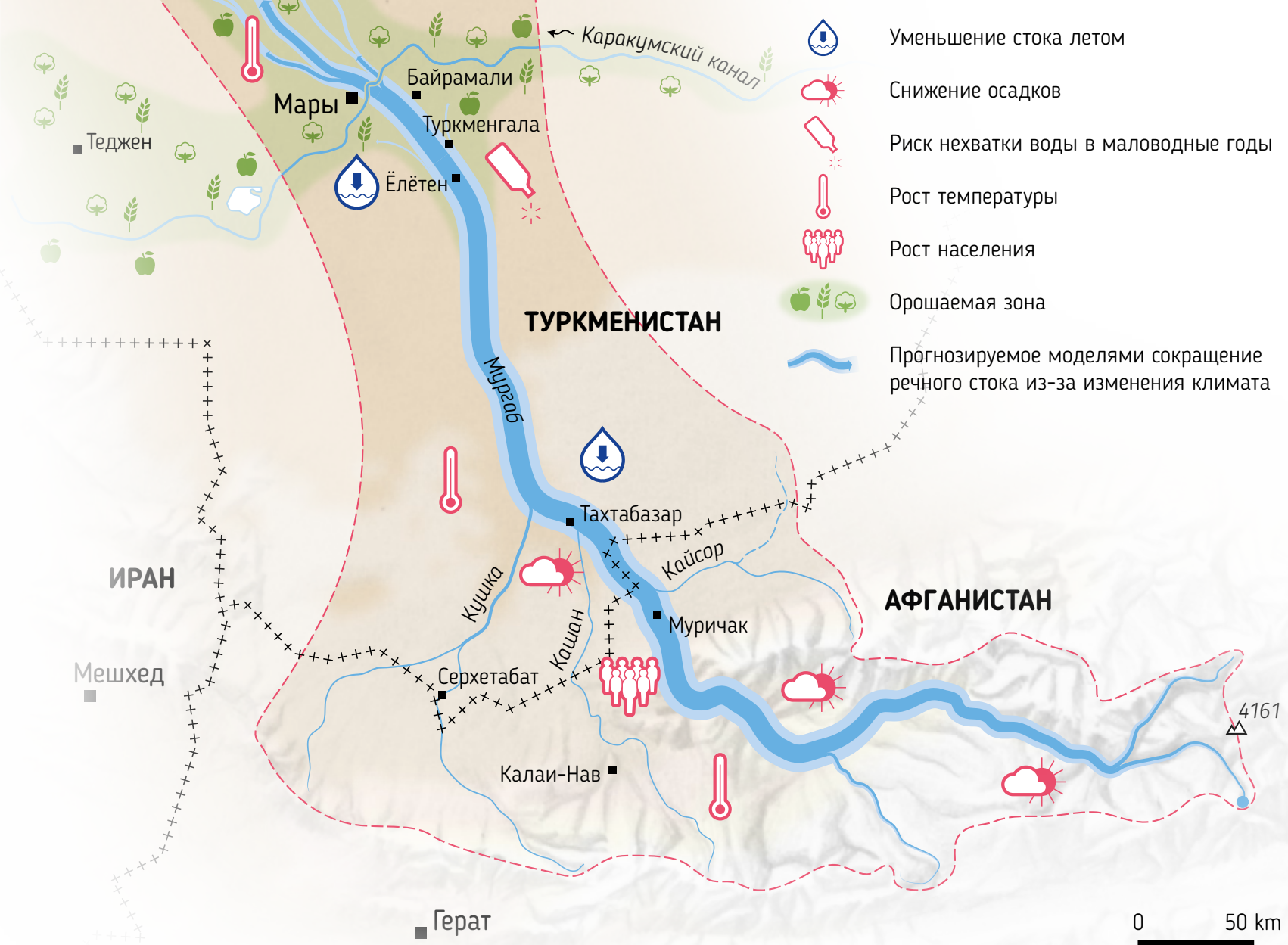
Мургаб

Река Мургаб берет начало в засушливых высокогорных районах центрального Афганистана на высоте 2600 метров. Река течет на северо-запад в пределах Афганистана и на север в Туркменистане и оканчивается у древнего оазиса Мерв, смешиваясь с водами Каракумского канала. Общая протяженность реки составляет 850 км (в Туркменистане 350 км), а площадь водосбора — 48 700 км².

Река питается в основном талыми снежными водами и дождевыми осадками в верхней части бассейна и имеет средний годовой расход около 50 м³/с на границе Афганистана и Туркменистана. В Туркменистане в Мургаб впадает несколько небольших рек, но из-за жаркого и сухого климата они существенно не влияют на объем стока.

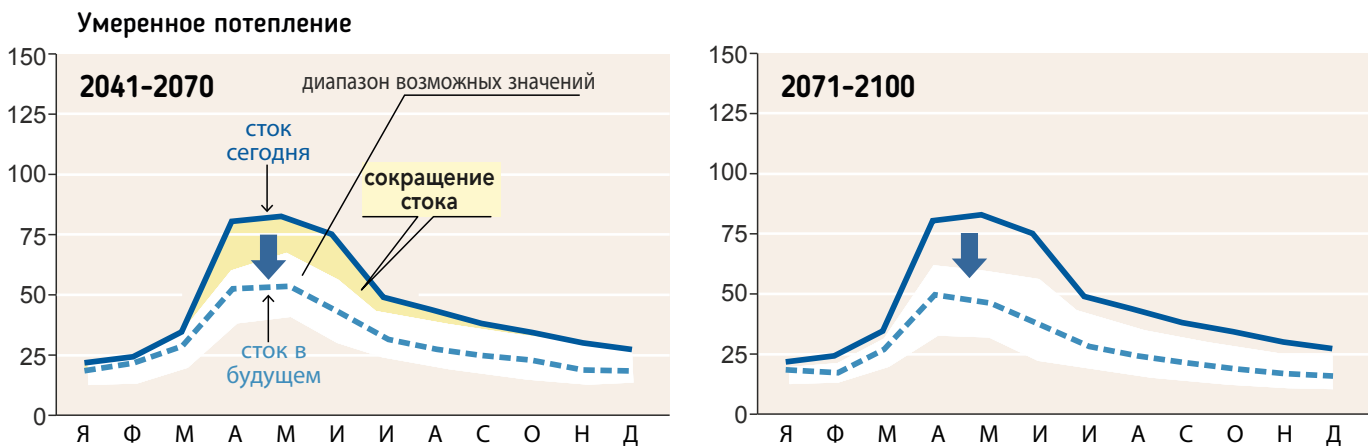
Сельское хозяйство является основным потребителем воды в бассейне. Основные посевные площади расположены в нижнем течении реки в Туркменистане и вдоль реки в традиционных районах орошения.

При обоих климатических сценариях на периоды 2041–2070 гг. и 2071–2100 гг. ожидается значительное снижение как средних, так и максимальных значений расхода реки Мургаб. Максимальный расход воды сместится на более ранние сроки. Эти сценарии не учитывают изменений, которые могут произойти в режиме водопользования в афганской части бассейна. Если в Афганистане спрос на воду реки Мургаб возрастет, сток в туркменской части бассейна может уменьшиться еще существенно.



Прогнозируемое воздействие изменения климата на гидрологию

Река Мургаб: прогнозируемые изменения гидрологического режима
Среднемесячный расход воды в м³/с



Список использованной литературы

Центрально-азиатская региональная гидрологическая исследовательская сеть (CAWA):

<https://www.cawa-project.net>

Группа дистанционного мониторинга наводнений при Университете Колорадо:

<https://floodobservatory.colorado.edu>

Северо-Евразийский климатический центр Росгидромета. 2018. Обзор климатических условий и тенденций в СНГ за 2017 год. Доступен по адресу:

<http://seakc.meteoinfo.ru/climatemonitoring/climatmonitr>

Национальные климатические и гидрологические базы данных КазГидромета:

<https://kazhydromet.kz/ru>

Национальные климатические и гидрологические базы данных ТаджикиГидромета:

<http://meteo.tj/>

Национальные климатические и гидрологические базы данных УзГидромета:

<http://meteo.uz/>

Глобальный центр гидрологических данных:

<https://www.bafg.de/GRDC/>

Национальные сообщения стран и оценочные доклады о последствиях изменения климата:

Третье-шестое национальное сообщение Республики Казахстан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2013.

Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2014.

Третье национальное сообщение Туркменистана по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2014.

Третье национальное сообщение Узбекистана по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2017.

ОБСЕ. 2017. Изменение климата и безопасность в Центральной Азии.

ПРООН. 2015. Профили управления климатическими рисками в Казахстане, Кыргызстане и Узбекистане.

ПРООН. 2012. Интегрированное управление водными ресурсами в бассейн реки Зеравшан.

Варианты некоторых географических названий

Название, используемое в тексте	Варианты и другие названия
Алтай (город в Казахстане)	Зырянск (до 2019 г.)
Астана (столица Казахстана)	Нурсултан (планируется переименование)
Бахтарма	Буктырма, Буктарма
Бохтар (город в Таджикистане)	Курган-Тюбе, Курхонтеппа
Гиссар (горы и долина в Таджикистане)	Хиссор
Есиль	Ишим
Зеравшан	Зарафшон, Зерафшан, Матча (верхнее течение)
Иртыш	Ертис
Кафирниган	Кофарнихон
Мургаб	Мургоб, Мургап, Маргиана

Произношение и написание многих местных географических названий зависит от принятого в международном употреблении, от местности, от исторического или современного стиля названий и других особенностей. Некоторые города были недавно переименованы или в процессе переименования, но прежние названия все еще используются. В настоящей публикации используется единообразное написание географических названий, а в таблице представлены некоторые варианты названий и альтернативные названия некоторых географических объектов.

Контакты

Региональная координационная группа проекта CAMP4ASB,
Региональный экологический центр Центральной Азии (РЭЦЦА)

A15D5B3, Республика Казахстан, г. Алматы, мкр. «Орбита-1», д. 40
camp4asb@carececo.org
+7 727 265 43 34
carececo.org
climate.carececo.org

ТАДЖИКИСТАН

Национальная координационная группа проекта CAMP4ASB
при Комитете по охране окружающей среды
при Правительстве Республики Таджикистан
7340346, Республика Таджикистан, г. Душанбе, Шамси 5/1
camp4asb@gmail.ru
+992 44 640 15 16
hifzitabiat.tj

Национальная координационная группа проекта CAMP4ASB
при Министерстве финансов Республики Таджикистан

Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Ак. Раджабовых, 3
camp4asb@greenfinance.tj
+992 93 533 00 15
www.camp4asb.tj

УЗБЕКИСТАН

Национальная координационная группа проекта CAMP4ASB
при Агентстве по реструктуризации сельскохозяйственных
предприятий при Министерстве сельского
и водного хозяйства Республики Узбекистан

100000, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязий 39Б
info@rra.uz
+ 998 90 175 10 20
www.rra.uz

Центр гидрометеорологической службы (Узгидромет)
100052, Республика Узбекистан, г. Ташкент, 1-й проезд Бодомзор йули, 72
uzhymet@meteo.uz
+998 71 234 23 41
www.meteo.uz