



АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАПИСКА

# ТАЯНИЕ СНЕГА - РАСТУЩИЕ РИСКИ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДНОГО БУДУЩЕГО ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ  
ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ



## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ

- **Сезонный снег является основным источником воды в Центральной Азии**, составляя более 50% годового стока в крупных бассейнах и до 65–72% в меньших бассейнах верховьев рек – значительно превышая количество осадков (~23%) или ледникового льда (~2–8%).
- **Запасы воды в снежном покрове снижаются во всех сценариях, во всех бассейнах и на всех высотах**, при этом наиболее критические потери наблюдаются на высотах ниже ~2000 м в бассейне Сырдарьи и ниже ~3000 м в бассейне Амударьи. В открытых низменных бассейнах, таких как афганский Мургаб, потери близки к 100%-ым при всех сценариях, кроме сценария с наименьшими выбросами.
- **Сезон таяния снега сокращается и смещается на более ранние сроки** – пик запасов воды в снежном покрове наступает на несколько недель раньше, а пик стока может сместиться на срок до одного месяца при сценариях с высокими выбросами (SSP5-8.5), что создаст опасную нехватку воды для орошения в конце весны и летом.
- **В западных водосборных бассейнах (реки Зарафшан, Чаткал, Талас)**, критически важных с точки зрения водоснабжения, сток с снежного покрова сокращается, в то время как в северных и восточных высокогорных районах на высоте более ~3500 м он увеличивается, что создает различные потребности в адаптации в регионе.
- **Национальные планы действий (НПД) и Стратегическая программа действий (СПД) на уровне министерств** имеют решающее значение для преобразования научных данных о снеге в действенную трансграничную водную политику в Центральной Азии.



### ИНТЕРАКТИВНАЯ ПАНЕЛЬ СЦЕНАРИЕВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

[APPS.MOUNTAINFUTURES.CH/UNESCO-SNOW-SCENARIOS](https://apps.mountainfutures.ch/unesco-snow-scenarios)

Интерактивная модель предоставляет открытый доступ ко всем смоделированным сценариям снегопадов в двух интерактивных инструментах:

#### «Исследователь» сезонного снежного цикла

Интерактивные сезонные кривые запаса снежной воды, глубины снега, стока, альбедо и температуры – выбор осуществляется в зависимости от речного бассейна, высотного пояса и сценария SSP.

#### Карта аномалий бассейнов рек

Пространственная карта прогнозируемых аномалий для 295 водосборных бассейнов в высокогорных районах Центральной Азии, охватывающая все пять основных речных бассейнов и три сценария SSP.

## СНЕГ КАК ОСНОВНАЯ ВОДОНАПОРНАЯ БАШНЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Крупнейшие реки Центральной Азии, Амударья и Сырдарья, зависят от сезонных снегопадов как основного источника воды. В некоторых бассейнах таяние снега может составлять до 80% от общего стока, при этом сезонные снега обеспечивают более половины годового речного стока в крупных бассейнах и до 65–72% в меньших верховьях рек. Это контрастирует с дождевыми осадками (~23%) и ледниковым льдом (~2–8%), что делает снег доминирующим природным водохранилищем, обеспечивающим орошаемое земледелие, гидроэнергетику и бытовое водоснабжение миллионов людей в регионе.

В этом аналитическом обзоре используются данные высокоточного климатического моделирования с помощью климатической модели SnowMapper, основанной на сочетании четырех глобальных климатических моделей CMIP6 в рамках четырех всеобщих социально-экономических сценариев (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5), охватывающих 221 приточных бассейнов в высокогорной Центральной Азии (далее – «НМКА»).

## ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

### Снижение запаса воды в снежном покрове и его глубины

По прогнозам, объём воды, накопленной в снежном покрове и доступной для весеннего и летнего стока, **уменьшится во всех сценариях, во всех бассейнах и во всех высотных диапазонах.** Наиболее существенные потери наблюдаются на более низких высотах. В бассейне Сырдарьи снижение наиболее заметно ниже примерно 2000 м; в более южном бассейне Амударьи этот порог поднимается примерно до 3000 м.

В наиболее подверженных воздействию низменных бассейнах, таких как **афганский Мургаб**, потери воды, накопленной в снежном покрове, практически 100%-ные при всех сценариях, кроме самого оптимистичного (SSP1-2.6), что может иметь серьёзные последствия для доступности воды весной и летом.

### Более раннее таяние снега и сокращение снежного сезона

**Пик воды, накопленной в снежном покрове, наступает на несколько недель раньше** при сценариях средних и высоких выбросов, а дата таяния снега также сдвигается на более ранний срок. Снежный сезон сокращается с обеих сторон: он начинается позднее осенью и заканчивается раньше весной. При сценарии SSP5-8.5 пик стока талой воды может сместиться **на месяц раньше**, создавая опасное несоответствие между пиковой доступностью воды и пиковым сельскохозяйственным спросом.

### Повышение температуры и её сезонные закономерности

Прогнозируется повышение температуры поверхности во все сезоны, на всех высотах и при всех сценариях, при этом **к концу столетия при сценарии SSP5-8.5 ожидается потепление более чем на 4°C.** Критически важно, что **наиболее сильное потепление наблюдается в зимние месяцы (с декабря по февраль)**, особенно на больших высотах и в высоких широтах, что приводит к более частым циклам таяния и повторного замерзания снега, истончению снежного покрова и сокращению размера снежного покрова даже в традиционно холодные периоды.

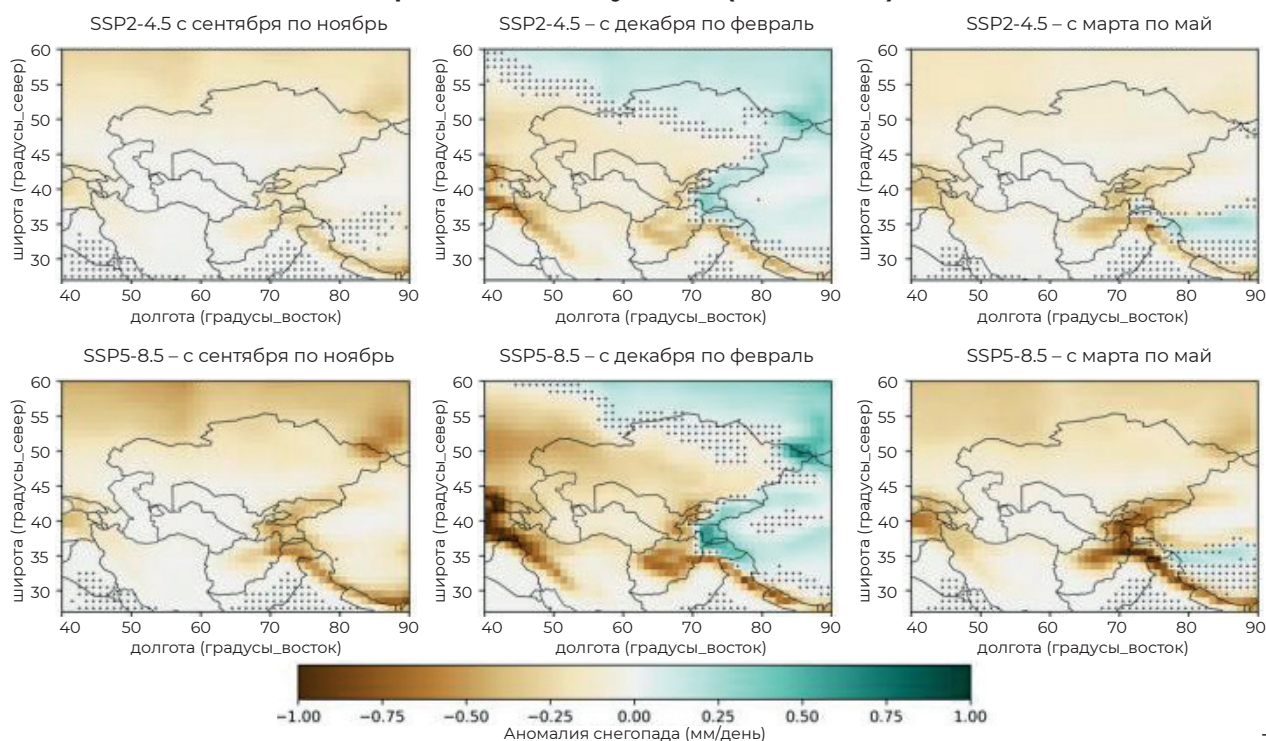
### Тенденции выпадения снега по сезонам

Прогнозируемые тенденции выпадения снега заметно различаются в зависимости от сезона:

- **Количество снегопадов осенью (с сентября по ноябрь) и весной (с марта по май) во всех регионах снижается** при всех сценариях.
- **Количество снегопадов зимой (с декабря по февраль) может увеличиться** в Северном Тянь-Шане, Восточном Памире и высоких широтах, частично компенсируя потери на очень больших высотах в этих районах.
- **Количество снегопадов весной (с марта по май) особенно сильно сократится при сценарии SSP5-8.5**, представляя собой наиболее острую краткосрочную угрозу водоснабжению в критический момент начала ирригационного сезона.

**Рисунок 1.** Количество снегопадов сокращается почти повсеместно в важные для водоснабжения сезоны — весну и осень, и при высоких выбросах (SSP5-8.5) весенние потери становятся особенно значительными. Зимний прирост осадков на крайнем северо-востоке не компенсирует этого увеличения весенних потерь.

### Долгосрочные изменения количества снегопадов (2081–2100 гг. относительно 1981–2010 гг.) / Среднее по совокупности (29 моделей)



## ДВА БАСЕЙНА, РАСХОДЯЩИЕСЯ ПЕРСПЕКТИВЫ

Результаты анализа снежного покрова выявляют важную пространственную асимметрию. Потери снега и стока наиболее остры в **западных и низинных речных бассейнах**, в то время как в некоторых северных

и восточных высокогорных зонах, особенно в Восточном Памире, может наблюдаться частично компенсирующее увеличение количества зимних снегопадов.

### БАСЕЙН РЕКИ СЫРДАРЬЯ (НИЖНИЕ ВЫСОТЫ)



#### КРИТИЧЕСКИЙ ПОРОГ ПОТЕРЬ ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ :

Ниже ~2000 м

#### ВРЕМЯ ТАЯНИЯ СНЕГА:

Пик запасов воды в снежном покрове приходится на несколько недель раньше; процесс таяния снега также происходит раньше

#### ТЕНДЕНЦИЯ СТОКА:

Снижение уровня стока в западных водосборных бассейнах: Зарафшан, Чаткаль, Талас; увеличение уровня стока в Северном Тянь-Шане на высоте более ~3500 м



#### ПЕРВИЧНЫЙ РИСК:

Весенне-летний дефицит воды; сбой в орошении в критически важный вегетационный период



#### ПРИОРИТЕТНАЯ ПОЛИТИКА:

Управление спросом, хранение воды, эффективность орошения

### БАСЕЙН АМУДАРЬИ (ПАМИР, ВЫСОКОГОРЬЕ)



#### КРИТИЧЕСКИЙ ПОРОГ ПОТЕРЬ ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ :

Ниже ~3000 м; почти полная потеря в афганском Мургабе во всех сценариях, за исключением SSP1-2.6; в Восточном Памире возможно увеличение количества снега зимой



#### ВРЕМЯ ТАЯНИЯ СНЕГА:

Начало таяния снега наступило раньше; пик стока сместился с августа на июнь-июль



#### ТЕНДЕНЦИЯ СТОКА:

Увеличение на Восточном Памире на высотах выше ~3500 м



#### ПЕРВИЧНЫЙ РИСК:

Потенциальный риск наводнений из-за усиленного таяния снега зимой/весной; перегрузка инфраструктуры



#### ПРИОРИТЕТНАЯ ПОЛИТИКА:

Подготовка к наводнениям, адаптивное управление водохранилищами, мониторинг опасностей

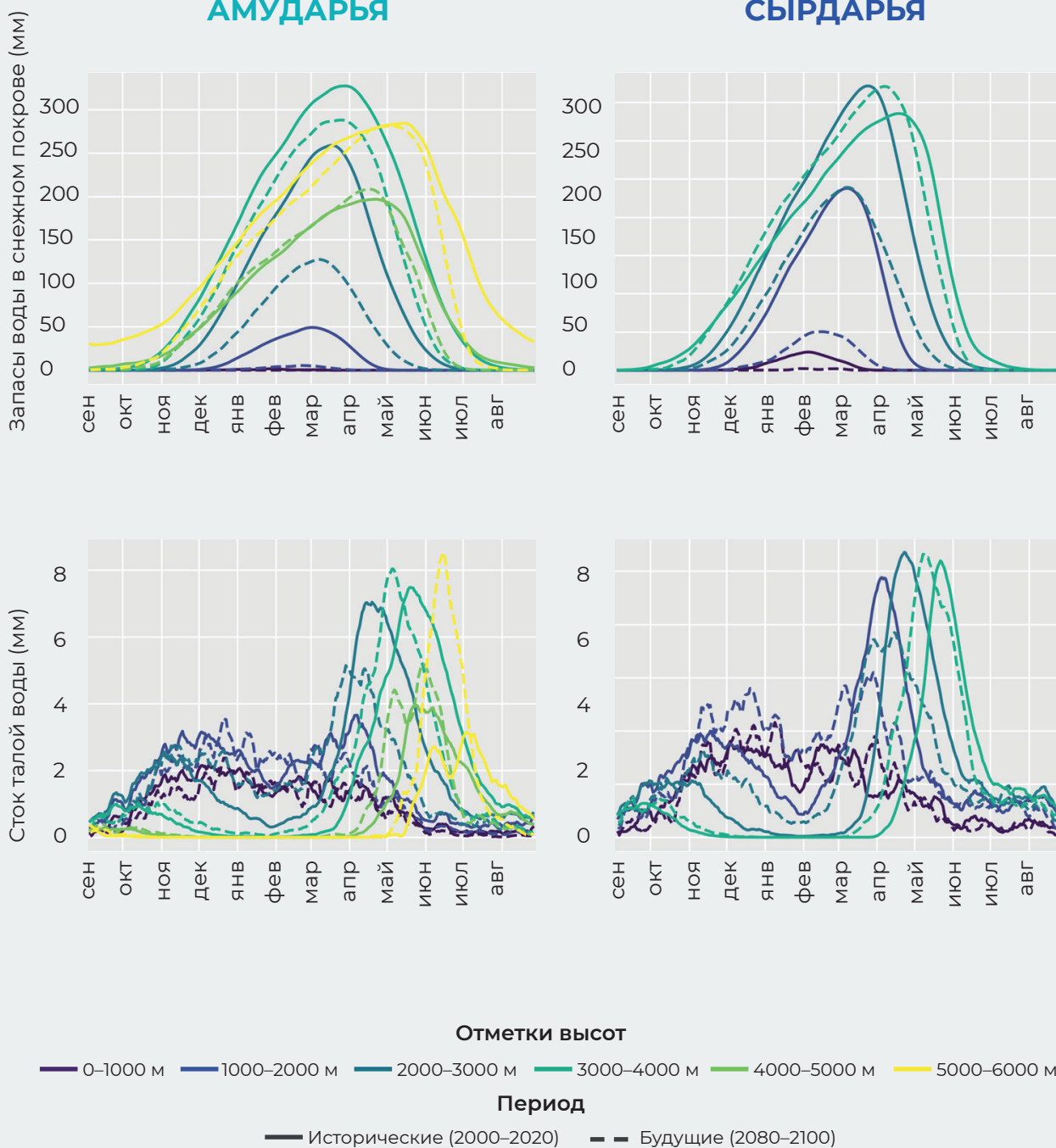
*Различные траектории развития требуют дифференцированных политических мер: управление дефицитом ресурсов в западных водосборных бассейнах и, напротив, подготовка к наводнениям и адаптивное управление водохранилищами на севере и востоке.*

**Рисунок 2.** Снег исчезает и выпадает раньше. Прогнозируемые сезонные циклы снегопадов в далеком будущем (2080–2100, пунктирная линия) по сравнению с историческими данными (2000–2020, сплошная линия) для Амударьи и Сырдарьи в рамках SSP5-8.5. Запасы воды в снежном покрове резко падают на более низких высотах; пик стока талой воды приходится на месяц раньше – вода стекает раньше пика потребности в орошении. Цвета = высотные отметки (0–6000 м). Источник: Фиддес (2025), рис. 15–17.

**Прогнозируемые изменения сезонного снега при высоком уровне выбросов (SSP5-8.5)**

**БАССЕЙН РЕКИ АМУДАРЬЯ**

**БАССЕЙН РЕКИ СЫРДАРЬЯ**



## ВОЗНИКАЮЩИЕ РИСКИ

### Сезонный дефицит воды

По мере снижения запасов воды в снежном покрове и смещения сезона таяния на более ранний срок, естественный буфер талой воды, который в настоящее время поддерживает орошение в конце весны и летом, истощается. Западные водосборные бассейны, и без того испытывающие наибольший дефицит воды в регионе, сталкиваются с наиболее резким сокращением стока, поступающего за счет талой воды.

### Несоответствие сроков стока

Смещение пика таяния снега на месяц раньше, чем это наблюдалось в прошлом, превысит возможности адаптации водохранилищных систем и графиков орошения, разработанных с учетом текущего сезонного режима. Устранение этого несоответствия является первоочередной задачей управления водными ресурсами в ближайшей перспективе.

### Экстремальные гидрологические явления

Более короткие и интенсивные сезоны таяния, а также более частые циклы таяния и повторного замерзания увеличивают изменчивость потоков стока. В сочетании с деградацией вечной мерзлоты и отступлением ледников это повышает риск весенних паводков и продолжительных летних засух в течение одного года.

## РЕКОМЕНДАЦИИ

### ШЕСТЬ ПРИОРИТЕТНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПО ДВУМ НАПРАВЛЕНИЯМ

#### НАПРАВЛЕНИЕ 1.

##### Усиление мониторинга и снеговедения

- 1. Расширить сети наблюдений за снегом.** Интегрировать натуральный мониторинг с дистанционным зондированием и инструментами моделирования снега для снижения неопределенности в субрегиональных прогнозах. Приоритетными зонами являются низменные районы ниже критических порогов (~2000 м в бассейне Сырдарьи; ~3000 м в бассейне Амударьи), где изменения происходят быстрее всего и данные наиболее скудны.
- 2. Интегрировать сценарии выпадения снега в национальное планирование.** Использовать дифференцированные прогнозы в масштабе водосборного бассейна для каждого бассейна в национальных планах адаптации (НПА), стратегиях распределения воды и проектировании гидроэнергетической инфраструктуры. Асимметрия между уменьшением стока

##### Утрата естественных запасов воды

Снежный покров функционирует как распределенный резервуар с медленным высвобождением. По мере исчезновения снежного покрова ниже ~2000 м на севере и ~3000 м на юге буферная ёмкость горной криосферы необратимо уменьшается, что увеличивает зависимость от искусственных водохранилищ.

##### Сложность трансграничных отношений

Изменение сезонности и объемов стока усложняет механизмы распределения водных ресурсов в обоих бассейнах. Точные данные о сценариях выпадения снега необходимы для любого будущего пересмотра трансграничных соглашений, чтобы они отражали обновленные гидрологические реалии, а не исторические базовые показатели.

##### Пробелы в мониторинге

Значительная неопределенность сохраняется на субрегиональном и водосборном уровнях из-за разреженных сетей натуральных наблюдений за снегом в пределах зоны НМСА. Заполнение этих пробелов является необходимым условием для надежного сезонного прогнозирования.

на западе и потенциальным увеличением стока на востоке требует использования предположений, специфичных для каждого бассейна, а не для всего региона.

- 3. Внедрить системы сезонного прогнозирования и раннего предупреждения.** Связать мониторинг криосферы с оперативным гидрологическим прогнозированием для обеспечения упреждающего управления водохранилищами, планирования орошения и подготовки к весенним паводкам. Интерактивные инструменты **Snow Climate Scenario Explorer** и **Snow Anomaly Atlas** доступны бесплатно на [apps.mountainfutures.ch/unesco-snow-scenarios](https://apps.mountainfutures.ch/unesco-snow-scenarios). Эти инструменты обеспечивают готовую основу для планирования сезонных сценариев на уровне бассейна.

## НАПРАВЛЕНИЕ 2.

### Адаптация управления водными ресурсами и инфраструктуры

- 4. Реформировать эксплуатацию водохранилищ и графики орошения.** Пересмотреть правила эксплуатации таким образом, чтобы учесть более ранний пик стока талой воды и создать буферные зоны в засушливый сезон, учитывающие сдвиг времени пикового стока до одного месяца, прогнозируемый в сценариях с высокими выбросами.
- 5. Включить сценарии выпадения снега в трансграничные соглашения.** Расширить региональный обмен данными и совместное гидрологическое планирование в пределах бассейнов Амударьи и Сырдарьи. Провести эту работу в рамках **Десятилетия действий ООН в области криосферных наук (2025–2034 гг.)**, в котором Таджикистан является одним из лидеров, внесший

конкретный региональный вклад в достижение целей Десятилетия в области обмена данными и адаптации (резолюция Генеральной Ассамблеи ООН 78/321).

- 6. Разработать национальные планы действий и стратегическую программу действий.** Национальные планы действий и стратегическая программа действий на уровне министерств имеют решающее значение для обеспечения согласованности науки и политики, а также трансграничного согласования в управлении криосферой Центральной Азии. Эта скоординированная система должна явно учитывать снег, а не только ледники, как основной фактор региональной водной безопасности.

#### ПРЕДСТОЯЩАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ КООРДИНАЦИИ

Региональный экологический саммит в Астане (апрель 2026 г.) предоставляет странам Центральной Азии возможность принять совместное заявление о комплексном мониторинге криосферы, охватывающее как снег, так и ледники. Это может включать в себя разработку общих протоколов наблюдения за снегом, гармонизацию прогнозов таяния снега в бассейнах Сырдарьи и Амударьи, а также включение прогнозов сценариев выпадения снега в национальные планы адаптации. Такая координация будет способствовать достижению целей ЦУР 6 и реализации концепции развития криосферы до 2050 года.

#### О НАСТОЯЩЕЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ЗАПИСКЕ

Данная аналитическая записка основана на исследовании Фиддеса, Дж. (2025) «Высокоточные сценарии воздействия изменения климата на снежный покров Центральной Азии», проведенном Университетом Фрибурга в рамках проекта ГЭФ–ПРООН–ЮНЕСКО по криосфере «Укрепление устойчивости стран Центральной Азии путем содействия региональному сотрудничеству в оценке гляцио-нивалльных систем для разработки комплексных методов устойчивого развития и адаптации к изменению климата».

Проект ГЭФ–ПРООН–ЮНЕСКО по криосфере реализуется Региональным офисом ЮНЕСКО в Алматы.

Интерактивная панель мониторинга сценариев: [apps.mountainfutures.ch/unesco-snow-scenarios](https://apps.mountainfutures.ch/unesco-snow-scenarios)

Полный отчет: [cryosphereca.org](https://cryosphereca.org)



Проект ГЭФ-ПРООН-ЮНЕСКО «Укрепление устойчивости стран Центральной Азии путем содействия региональному сотрудничеству в оценке гляцио-нивалых систем для разработки комплексных методов устойчивого развития и адаптации к изменению климата».

Следите за новостями проекта:

 [www.cryosphereca.org](http://www.cryosphereca.org)

 [unescoalmaty](#)

 [unescoalmaty](#)

 [unescoalmaty](#)

 [unescoalmaty](#)

