



Federal Ministry
for the Environment, Climate Action,
Nature Conservation and Nuclear Safety



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



**ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ВОДОЙ,
ЭНЕРГИЕЙ И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ**
Системные решения для климатически устойчивой Центральной Азии

ГЛОБАЛЬНАЯ ВОДНАЯ ПОВЕСТКА: факты, риски, решения



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2026

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Глобальная водная повестка: факты, риски, решения

Ташкент 2026

Подготовлено и издано при финансовой поддержке проекта «Региональные механизмы для низкоуглеродной и климатоустойчивой трансформации взаимосвязи энергии, воды и земли в Центральной Азии», реализуемого ОЭСР, НИЦ МКВК и ЕЭК ООН за счет средств Федерального министерства окружающей среды, борьбы с изменением климата, охраны природы и ядерной безопасности (BMUKN) в рамках Международной климатической инициативы (IKI)

Содержание

Глобальные вопросы.....	5
Рейтинг стран с крупнейшими запасами пресной воды	5
Рейтинг стран с наибольшим дефицитом воды	7
Глобальный рост эффективности водопользования при продолжающемся увеличении водного стресса: Обзор данных о водных ресурсах AQUASTAT ФАО за 2025 год.....	10
Ученые описали методы восстановления истощенных подземных вод.....	13
Скрытый водный кризис продолжает нарастать	17
5 ключевых выводов о наводнениях, вызванных прорывом ледниковых озёр в условиях глобального потепления	19
Адаптация плотин к экстремальным климатическим условиям: уроки глобальной эксплуатации водохранилищ	21
Цифровые технологии.....	33
Исчезающий снежный покров усиливает спрос на оперативные гидрологические данные	33
Азия	39
Исследование: к 2040 году ледники Центральной Азии могут потерять треть своей массы	39
Засуха может проверить новый подход Центральной Азии к сотрудничеству	42
Война ставит водоснабжение Ирана на грань краха	47
Америка.....	51
Прореживание лесов увеличивает снежный покров и водные запасы в горах.....	51
Управление изменчивостью осадков с помощью аккумулирующих резервуаров на фермах.....	56
Европа.....	60

Европейская комиссия принимает меры в отношении Франции, Германии и Португалии за нарушения водного законодательства	60
Технологии.....	63
В России синтезировали криогель для очистки сточных вод	63
Создан сенсор, сокращающий время анализа воды до 2 минут.....	64
Нулевой сброс: новая технология очистки снижает нагрузку на водные экосистемы	65
В КБР создали новый материал для очистки воды	66
Разработан уникальный ионный насос для опреснения воды.....	67

Глобальные вопросы

Рейтинг стран с крупнейшими запасами пресной воды¹

Бразилия обладает крупнейшими в мире запасами пресных водных ресурсов, за ней следует Россия – это подчеркивает резкий дисбаланс в глобальном распределении воды в то время, когда ее дефицит становится все более серьезной проблемой для политиков и правительств.

Согласно данным Всемирного банка, Бразилия располагает примерно 5661 млрд м³ пресной воды, что делает ее самой «водобеспеченной» страной. Россия занимает второе место с показателем около 4312 млрд м³, а Канада, США и Китай также входят в число лидеров по объему пресных водных ресурсов.

Концентрация значительных запасов воды в ограниченном числе стран указывает на нарастающую глобальную проблему: в одних регионах вода имеется в избытке, тогда как в других – зачастую там, где спрос наиболее высок – ее остро не хватает.

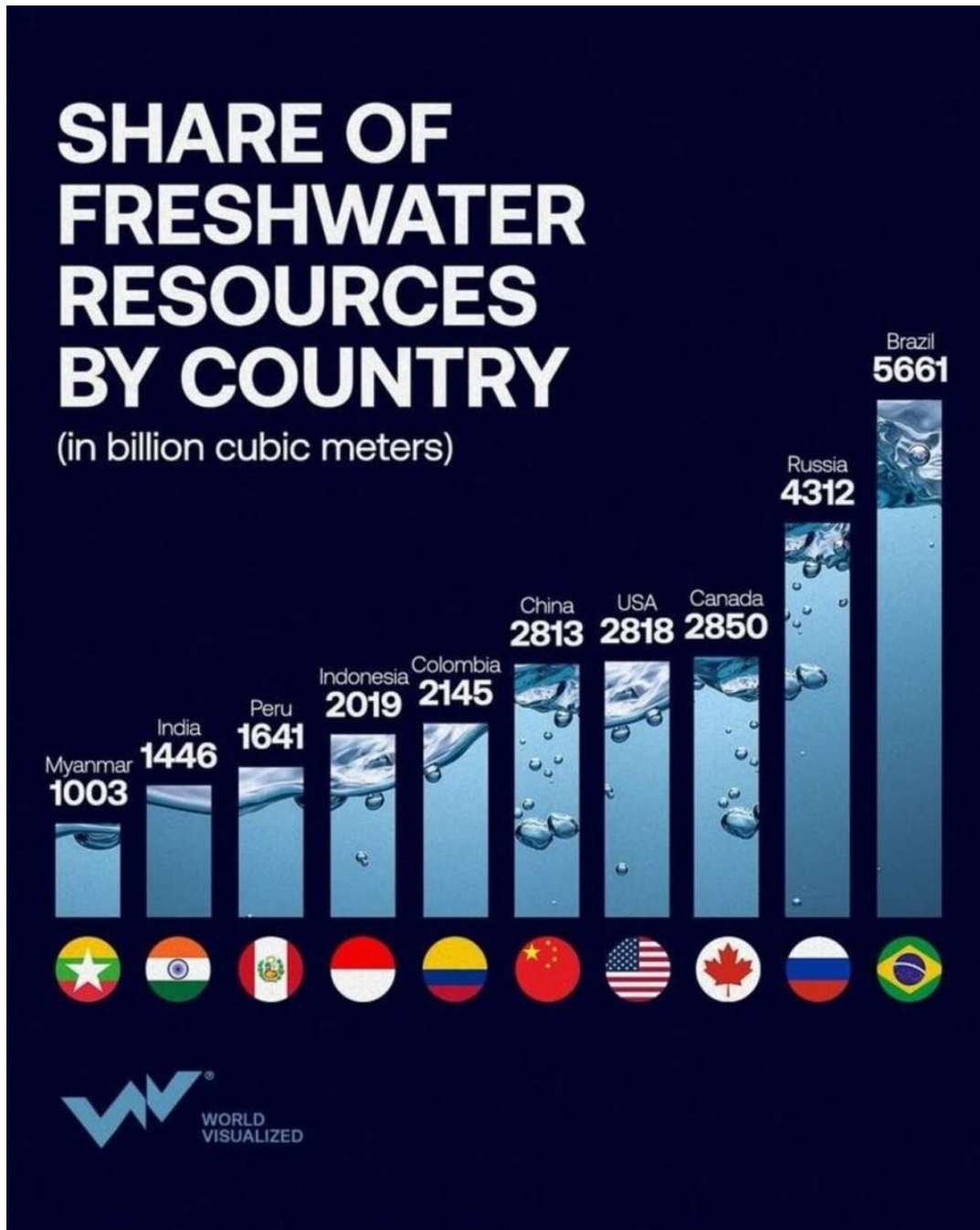
После Бразилии и России следуют Канада (около 2850 млрд м³), США (примерно 2818 млрд м³) и Китай (около 2813 млрд м³).

Далее в списке располагаются Колумбия (2145 миллиардов кубометров), Индонезия (2019 миллиардов кубометров) и Перу (1641 миллиард кубометров), что отражает важную роль тропического климата и крупных речных систем в обеспечении водных ресурсов.

Индия, несмотря на значительные суммарные запасы пресной воды – около 1446 млрд м³, – испытывает острый водный стресс из-за огромной численности населения и растущего спроса. Мьянма с показателем 1003 млрд м³ также входит в число стран с крупнейшими абсолютными запасами.

Однако даже государства с большими ресурсами могут сталкиваться с локальным дефицитом из-за неравномерного распределения воды или недостатка инфраструктуры для ее хранения и очистки. Так, в Бразилии основная часть пресной воды сосредоточена в бассейне Амазонки, вдали от крупнейших городов, таких как Сан-Паулу.

¹ Источник: <https://naked-science.ru/community/1166376> Опубликовано 22.03.2026



Рейтинг стран с крупнейшими запасами пресной воды

Аналогично, несмотря на огромные запасы России, значительная их часть находится в малонаселенной Сибири, что ограничивает доступность воды для промышленности и городов.

Всемирный банк предупреждает, что при сохранении текущих тенденций к 2030 году мировой спрос на воду может превысить предложение на 40%. Основными факторами являются рост населения, урбанизация и расширение сельского хозяйства.

Изменение климата дополнительно усугубляет ситуацию, влияя на режимы осадков и увеличивая частоту засух в регионах, уже испытывающих нехватку воды – таких как Южная Азия, Ближний Восток и части Африки.

Китай и Индия, входящие в число крупнейших стран по абсолютным запасам пресной воды, одновременно относятся и к наиболее испытывающим водный стресс в расчете на душу населения – это отражает давление со стороны многочисленного населения и быстрой индустриализации.

Все больше правительств рассматривают управление водными ресурсами как стратегическую задачу. Растут инвестиции в инфраструктуру – плотины, водохранилища и опреснительные установки, – а также усилия по повышению эффективности использования воды в сельском хозяйстве, на которое приходится около 70% мирового потребления пресной воды, согласно данным Всемирного банка.

Рейтинг стран с наибольшим дефицитом воды²

В ряде регионов мира потребление воды уже значительно превышает объемы, которые природа способна восполнить.

На карте показан уровень водного стресса по странам — он измеряется как соотношение забора пресной воды к объему возобновляемых водных ресурсов. Страны с показателем выше 100% используют больше воды, чем получают естественным путем за год, и вынуждены компенсировать дефицит за счет истощения подземных вод или опреснения морской воды. Данные предоставлены ФАО.

Вода необходима для сельского хозяйства, промышленности и повседневной жизни, поэтому такие дисбалансы становятся все более значимыми на фоне изменения климата и роста спроса.

В некоторых странах потребление превышает естественные ресурсы в десятки раз.

² Источник: <https://naked-science.ru/community/1169381> Опубликовано 30.03.2026



Карта: страны с наибольшим дефицитом воды

С большим отрывом лидирует Кувейт, где использование воды достигает 3850% от объема возобновляемых ресурсов. За ним следуют Объединенные Арабские Эмираты — 1509,9%, что отражает высокую зависимость от опреснения и невозобновляемых подземных вод.

Страны с высоким водным стрессом сосредоточены преимущественно на Ближнем Востоке и в Северной Африке — регионах с изначально за-

сушливым климатом и медленным естественным восполнением водных запасов. Дополнительное давление создает водоемкое сельское хозяйство.

Саудовская Аравия занимает третье место (974,2%), за ней следуют Ливия (817,1%) и Катар (431%). Даже на менее экстремальном уровне многие страны уже выходят за пределы устойчивого водопользования. Так, Пакистан и Иордания превышают отметку в 100% — 110% и 105% соответственно. Китай использует 41,5% своих возобновляемых водных ресурсов, а США — 28,2%.

В других регионах ситуация противоположная: Папуа — Новая Гвинея, Боливия и Демократическая Республика Конго обладают огромными запасами воды, но из-за относительно низкого уровня экономического развития водный стресс там практически отсутствует. Например, на территорию ДР Конго приходится 62% бассейна реки Конго — второй по величине речной системы в мире.

Страны, исчерпывающие свои водные ресурсы, вынуждены опираться на невозобновляемые источники. Один из таких методов — добыча ископаемых подземных вод: воду поднимают с больших глубин, однако естественного пополнения водоносных горизонтов за счет осадков не происходит. Эта практика распространена не только на Ближнем Востоке и в Северной Африке, но и в США и Китае.

Государства засушливых регионов, особенно на Ближнем Востоке, также лидируют в развитии технологий опреснения, превращающих морскую воду в питьевую. Этот процесс остается энергоемким и дорогостоящим, однако технологический прогресс делает его все более жизнеспособным и перспективным с инвестиционной точки зрения.

По мере изменения климата и роста потребления доступность воды становится все более жестким ограничением для экономического развития.

Странам, выходящим за пределы своих природных водных возможностей, вероятно, придется расширять мощности по опреснению, жестче управлять спросом или инвестировать в более эффективную инфраструктуру — превращая воду в один из ключевых экономических и стратегических ресурсов ближайших десятилетий.

**Глобальный рост эффективности
водопользования при продолжающемся
увеличении водного стресса:
Обзор данных о водных ресурсах
AQUASTAT ФАО за 2025 год³**

Согласно обзору данных о водных ресурсах «AQUASTAT 2025», опубликованному ФАО, за последнее десятилетие глобальная обеспеченность пресной водой на душу населения сократилась на 7 %, что указывает на усиление проблемы водного дефицита в мире. Общий объем возобновляемых ресурсов пресной воды на уровне страны определяется как сумма долгосрочного среднегодового стока рек (поверхностные воды) и среднего пополнения водоносных горизонтов (подземные воды), формируемого за счет атмосферных осадков. В 2015 году этот показатель составлял 5 719 м³ на душу населения, а к 2022 г. снизился до 5 326 м³.

AQUASTAT представляет собой глобальную информационную систему ФАО по водным ресурсам, которая осуществляет сбор, анализ и распространение данных по странам, регионам и миру в целом, предоставляя **сопоставимые на международном уровне данные** о водных ресурсах, водопользовании, орошении и их эффективности. Данные системы являются важной справочной базой для мониторинга прогресса в достижении ЦУР 6, в частности по показателям 6.4.1 (изменение эффективности водопользования во времени) и 6.4.2 (уровень водного дефицита, определяемый как отношение объема забора пресной воды к доступным водным ресурсам).

Показатель в 5326 м³ на душу населения, зафиксированный в 2022 г., по-прежнему остается значительным. Согласно индикатору Фалькенмарка, или индексу водного стресса, разработанному в 1980-х гг. шведским гидрологом Малином Фалькенмарком, страны с обеспеченностью более 1700 м³ пресной воды на душу населения в год не испытывают водного стресса. Отмечается, что водный стресс начинает проявляться при снижении этого показателя ниже 1700 м³ в год, при уровне ниже 1000 м³ страна классифицируется как испытывающая водный стресс, а при значении ниже 500 м³ – как находящаяся в условиях абсолютного дефицита воды.

³ Источник: FAO's Aquastat Water Data Snapshot 2025. Increasing Water use Efficiency Globally but Nevertheless Increasing Water Stress / <https://www.waterdiplomat.org/story/2026/03/faos-aquastat-water-data-snapshot-2025?b=water-diplomat&r=/story/2024/04/new-tool-facilitates-intuitive-understanding-urban-water-flows> Опубликовано 5.03.2026

Однако данный совокупный показатель сглаживает существенные региональные различия и не в полной мере отражает реальную картину. Наименьший расчетный объем доступных пресноводных ресурсов на душу населения отмечается в Северной Африке – 565 м³ на человека. Далее следуют Южная Азия (1226 м³ на душу населения) и Западная Азия (1252 м³ на душу населения). В остальных регионах мира обеспеченность пресной водой превышает пороговое значение в 1700 м³ на душу населения. Наиболее значительное снижение доступности водных ресурсов за рассматриваемый семилетний период зафиксировано в странах Африки к югу от Сахары (на 17 %), Центральной Азии (на 12 %), Северной Африке (также на 12 %) и в Океании (на 9,8 %).

Сокращение объема забора пресной воды

Поддержание объема забора пресной воды в пределах ее годового восполнения является ключевым индикатором устойчивости. В глобальном масштабе в этой сфере наблюдается положительная тенденция: с 2015 г. забор пресной воды на душу населения последовательно снижается, что в целом привело к его сокращению на 7 % за отчетный период. В то же время в ряде регионов динамика оказалась противоположной. Так, в Северной Африке объем забора пресной воды увеличился на 16 %, в Западной Азии – на 13 %, а в странах Африки к югу от Сахары – на 12 %. Снижение показателя зафиксировано в Центральной Азии (на 20 %), Южной Азии (на 9 %), Восточной Азии (на 3 %), а также в Европе и Северной Америке (на 1 %).

Объем забора пресной воды по секторам

Сельское хозяйство по-прежнему остается крупнейшим потребителем водных ресурсов: на его долю приходится около 72 % мирового объема забора пресной воды. При этом в 66 странах на нужды сельского хозяйства направляется 76 % и более водных ресурсов, а в таких странах, как Афганистан, Лаосская Народно-Демократическая Республика, Мали, Непал, Сомали и Судан, этот показатель превышает 95 %. Промышленный сектор занимает второе место, формируя порядка 15–19 % общего водозабора, тогда как на коммунально-бытовое водоснабжение приходится около 12–13 %. Вместе с тем агрегированные глобальные показатели не отражают существенных региональных различий. Так, в Восточной Азии на долю коммунально-бытового сектора приходится около 20 % **спроса на воду**, тогда как в странах Африки к югу от Сахары – 17 %. В Европе и Северной

Америке доля промышленного водозабора достигает 48 % общего объема, тогда как в Океании – около 20 %.

Объем орошения постепенно растёт

Масштабы орошения в мире продолжают увеличиваться, хотя и умеренными темпами. В 2022 г. доля орошаемых земель составила 23 % от общей площади возделываемых земель, что на 1,66 процентного пункта выше уровня 2015 г. При этом сохраняются выраженные региональные различия. Наибольшая доля орошаемых земель приходится на Южную Азию, где системами орошения охвачено около 46 % сельскохозяйственных угодий. Далее следуют Латинская Америка и Карибский бассейн (32 %) и Центральная Азия (25 %). В то же время страны Африки к югу от Сахары существенно отстают – здесь данный показатель составляет лишь 3,8 %. С 2015 г. наиболее быстрый рост орошаемых площадей наблюдается в Латинской Америке и Карибском бассейне, тогда как в Западной и Центральной Азии фиксируется незначительное сокращение. Поверхностное орошение остается доминирующим методом в мире (77 %). Дождевальные и локальные системы применяются значительно реже. Наибольшие площади орошаемых земель сосредоточены в Китае и Индии – в каждой из этих стран они превышают 70 млн га.

ЦУР 6, показатель 6.4.1: повышение эффективности водопользования во времени

Показатель 6.4.1 ЦУР 6 («изменение эффективности водопользования во времени») отражает объем добавленной стоимости (в долларах США), создаваемой на единицу использованной воды (в кубических метрах) по видам экономической деятельности. На глобальном уровне наблюдается устойчивый рост эффективности водопользования: показатель увеличился с 17,47 долл. США/м³ в 2015 г. до 21,50 долл. США/м³ в 2022 г., что соответствует росту на 23 %. В большинстве регионов мира также зафиксировано повышение эффективности, хотя динамика остается неоднородной. Незначительное снижение показателя отмечено только в Латинской Америке и Карибском бассейне (на 0,47 % за отчетный период). Наиболее высокие значения эффективности водопользования сохраняются в Океании (71,71 долл. США/м³), а также в Европе и Северной Америке (54,64 долл. США/м³). В то же время наибольшие темпы роста показателя наблюдались в Восточной Азии (на 51,32 %) и в Центральной и Южной Азии (на 46,2 %).

ЦУР 6, показатель 6.4.2: Уровень дефицита водных ресурсов

Показатель 6.4.2 характеризует степень водного дефицита и определяется как отношение объема забора пресной воды всеми видами экономической деятельности к общему объему доступных возобновляемых ресурсов пресной воды с учетом экологических потребностей. По данным AQUASTAT ФАО, в 2022 г. глобальный уровень водного дефицита составил 18 %, при этом условия существенно различаются по регионам. Наиболее критическая ситуация наблюдается в Северной Африке (121 %) и Южной Азии (76,7 %), где уровень дефицита оценивается как чрезвычайно высокий. В Центральной Азии (70,2 %) и Западной Азии (65,1 %) также фиксируется значительное давление на водные ресурсы. В то же время в Европе и Северной Америке уровень дефицита остается относительно низким (12,3 %), как и в Латинской Америке и Карибском бассейне (5,7 %). В 2022 г. в 18 странах мира объем забора пресной воды превышал объем возобновляемых ресурсов, что свидетельствует о критическом уровне дефицита. В целом более 733 миллионов человек – почти 10 % населения мира – проживают в странах с высоким или критическим уровнем водного дефицита. Сельское хозяйство остается основным фактором формирования водного дефицита: на его долю приходится около 72 % мирового объема забора пресной воды, что значительно превышает показатели промышленности и сектора услуг.

Ученые описали методы восстановления истощенных подземных вод⁴

Ученые из Калифорнийского университета в Сан-Барбаре проанализировали 67 сценариев успешного восстановления водоносных горизонтов. Исследование классифицирует методы борьбы с истощением недр – от поиска альтернативных источников снабжения до искусственного пополнения горизонтов и внедрения жестких политических ограничений.

Проседание земли. Самым опасным последствием истощения водоносных горизонтов является физическое оседание поверхности земли. Когда воду выкачивают из пустот между слоями грунта, почва под тяжестью собственного веса уплотняется. Этот процесс часто необратим: даже если

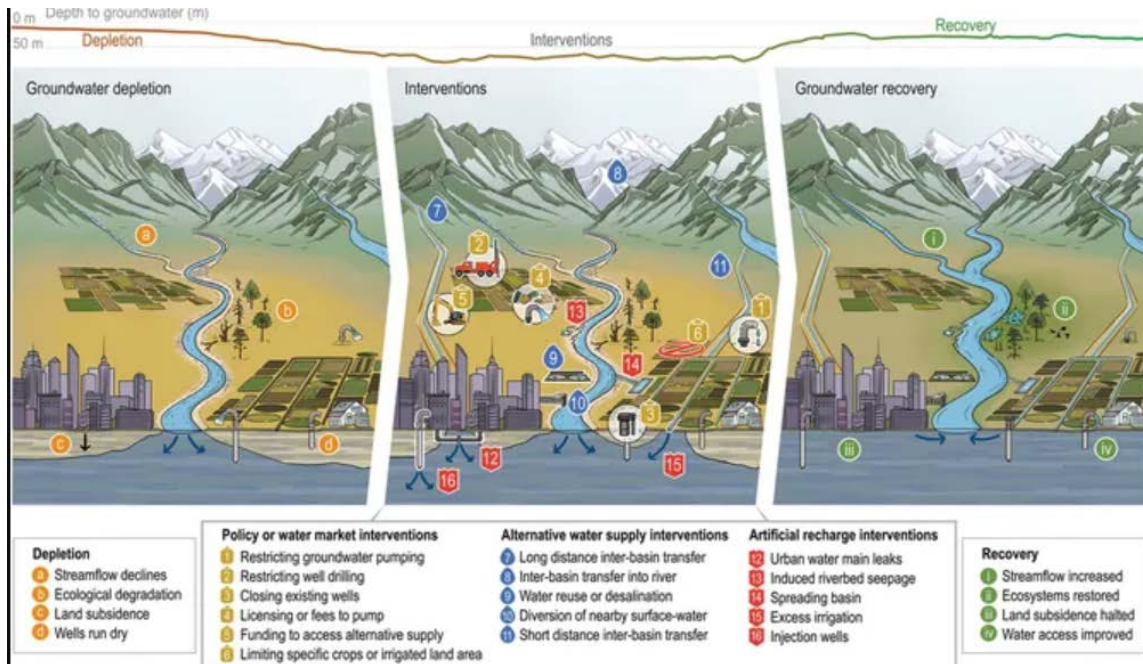
⁴ Источник: <https://www.techinsider.ru/news/news-1729583-uchenye-opisali-metody-vosstanovleniya-istoshchennyh-podzemnyh-vod/> Опубликовано 22.03.2026

потом попытаться закачать воду обратно, геологическая структура уже спрессовалась и не может удерживать прежний объем влаги. В некоторых мегаполисах, например в Тегеране и Джакарте, из-за этого здания и дороги опускаются на десятки сантиметров в год.

Проблема истощения подземных вод затрагивает половину населения планеты. Подземные источники обеспечивают питьевой водой миллиарды людей и помогают орошению 40% мирового сельского хозяйства. Когда уровень грунтовых вод падает, регионы сталкиваются с проседанием почвы, вторжением морской воды в пресные слои и разрушением экосистем.

Но автор исследования, опубликованного в журнале Science, профессор Скотт Ясечко подчеркивает, что деградация ресурсов не обязательно является фатальной неизбежностью. Его работа показывает: ключ к успеху лежит в многопрофильном подходе. Более 80% удачных примеров включали переход на альтернативные источники воды, такие как опреснение, очистка сточных вод или доставка ресурса из более влажных регионов. Это позволяет снизить нагрузку на скважины, не требуя от населения радикального изменения бытовых привычек, хотя такие проекты часто обходятся дорого и требуют больших энергозатрат.

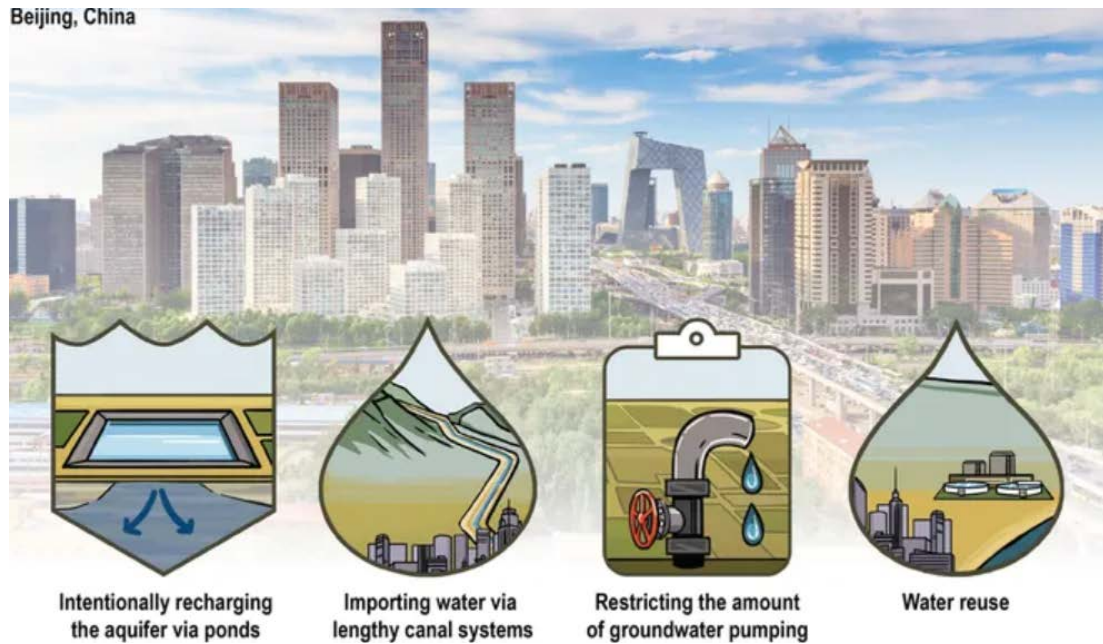
«Случаи, рассмотренные в этом обзоре, напоминают нам о том, что истощение подземных вод не является необратимым. Они показывают, как люди решали эту проблему в разных точках земного шара», – отмечает Скотт Ясечко. Анализ выявил десять ключевых тем, среди которых главное – постоянный мониторинг и гибкость управления водоснабжением. Но даже если водоносный горизонт начал восстанавливаться, успех может быть временным, если не учитывать долгосрочные климатические изменения и рост потребления.



Концептуальная модель истощения подземных вод (слева), меры по преодолению этой проблемы (в центре) и восстановление подземных вод (справа). К мерам, которые позволили обратить вспять тенденцию к истощению подземных вод, относятся изменения в политике (желтый цвет), использование альтернативных источников водоснабжения (синий цвет) и искусственное пополнение водоносных горизонтов (красный цвет)

Пути к возрождению

Пример Пекина наглядно иллюстрирует эффективность восстановительных мер. Столица Китая десятилетиями страдала от падения уровня подземных вод. Решением стало строительство масштабных каналов для переброски воды с юга, использование очищенных стоков для полива парков и полный запрет на промышленную эксплуатацию подземных водоносных горизонтов. В итоге уровень подземных вод начал расти, а темпы оседания грунта замедлились.



Выбрав несколько стратегий, Пекин сумел остановить процесс снижения уровня грунтовых вод

В то же время опыт города Грин-Бей в США показывает, что только инженерных мер недостаточно: после временного улучшения начавшийся рост спроса воду снова истощил запасы, и это потребовало прокладки дополнительного трубопровода.

Политические меры и создание экологических рынков считаются наименее затратными с точки зрения энергии, но они наиболее болезненны для экономики, выстроенной вокруг дешевой воды. Именно поэтому две трети успешных инициатив сочетали сразу несколько стратегий. Искусственное пополнение водоносных горизонтов, когда излишки дождевой воды или паводков закачиваются под землю, становится «сберегательным счетом» на случай засухи. Главный вывод исследователей оптимистичен: арсенал инструментов для спасения подземных гигантов оказался шире, чем предполагалось ранее, и многие из них применимы даже в критических ситуациях.

Скрытый водный кризис продолжает нарастать⁵

Под землёй нарастает скрытый водный кризис. По мере истощения водоносных горизонтов возрастает риск для обеспечения питьевой водой, сельского хозяйства и глобальных продовольственных систем. Отмечается, что, когда водохранилища опустошаются и наступает засуха, это становится очевидным для всех: людей призывают экономить воду, вводятся ограничения, а политики реагируют на ситуацию. Однако задаётся вопрос, что происходит, если подобные процессы разворачиваются под землёй и остаются незаметными. Подчёркивается, что значительная часть потерь воды в мире происходит не в озёрах или реках, а именно под землёй, где большинство людей этого не замечает.

Спустя три года после публикации доклада «Взаимосвязанные риски бедствий», в котором предупреждалось об истощении подземных вод, учёные констатируют отсутствие улучшений. Во многих регионах этот процесс продолжается.

В частности, приводится пример бассейна реки Колорадо. Как пояснила ведущий автор отчёта IDR Кейтлин Эберле, недавнее исследование показало, что за последние два десятилетия бассейн потерял объём подземных вод, сопоставимый с общим объёмом озера Мид. Она отметила, что, если бы само озеро Мид исчезло, это, вероятно, стало бы одной из главных тем международных новостей. Однако, по её словам, поскольку потери произошли под землёй, они остались практически незамеченными.

Расход водных запасов вместо их пополнения

Гидрологи нередко сравнивают водоносные горизонты с банковским счётом: вода поступает на него в виде осадков и речного стока, а затем расходуется через откачку для нужд сельского хозяйства и бытового использования. Как и в случае с банковским счётом, водоносный горизонт должен находиться в равновесии. Если объём водозабора систематически превышает объём пополнения, возникает ситуация, которую можно охарактеризовать как «перерасход запасов», когда истощение происходит быстрее, чем восстановление.

Подобный перерасход уже наблюдается во многих регионах мира. Исследования указывают на серьёзное истощение водных ресурсов в от-

⁵ Источник: The water crisis we can't see is still growing / <https://unu.edu/ehs/news/water-crisis-we-cant-see-still-growing> Опубликовано 17.03.2026

дельных районах Индии, северо-восточного Китая и западных штатов США. Институт по вопросам воды, окружающей среды и здоровья при Университете ООН характеризует данную ситуацию как «водное банкротство». Под этим понимается состояние, при котором объёмы водозабора и уровень загрязнения превышают объёмы естественного пополнения и допустимые пределы безопасного истощения.

Риск точки невозврата

По мере истощения подземных вод их уровень постепенно снижается и опускается всё глубже под поверхность Земли. Указывается, что в конечном итоге может быть достигнута критическая точка, при которой уровень подземных вод окажется ниже глубины существующих колодцев. Подчёркивается, что в такой ситуации вода становится недоступной с использованием имеющейся инфраструктуры, что вынуждает население предпринимать дополнительные меры.

Последствия, ощущаемые на поверхности

Около 30 % мировых запасов пресной воды сосредоточено в подземных водах, которые обеспечивают питьевой водой миллиарды людей и поддерживают до 40 % мирового орошаемого земледелия. Подчёркивается, что по мере снижения уровня подземных вод уменьшается стабильность урожайности, возрастают производственные затраты, а нагрузка всё чаще переносится на поверхностные источники – реки и осадки. В ряде регионов фермеры вынуждены менять сельскохозяйственные культуры или полностью покидать свои земли.

Учёные не считают большинство водоносных горизонтов полностью истощёнными, поскольку многие из них продолжают пополняться естественным путём. Вместе с тем проблема носит локальный, но крайне острый характер: в ключевых сельскохозяйственных регионах объёмы водозабора существенно превышают темпы естественного восполнения.

Интенсификация сельского хозяйства в сочетании с развитием технологий и мерами политики, удешевляющими использование подземных вод, привела к ускорению темпов их добычи и, как следствие, к тревожному истощению водоносных горизонтов. Подземные воды более не могут рассматриваться как безграничный и легко доступный источник пресной воды.

Данный ресурс имеет объективные ограничения и становится всё менее доступным, что усиливает риски, связанные с его использованием в качестве резервного источника в периоды засухи. В этой связи подчёркивается необходимость радикальных изменений в глобальной системе сельского хозяйства с учётом ограниченности подземных вод и возможностей доступа к ним. Нормативно-правовые механизмы и технологии должны быть направлены на рациональное использование подземных вод и сохранение этого ресурса на периоды наибольшей потребности.

5 ключевых выводов о наводнениях, вызванных прорывом ледниковых озёр в условиях глобального потепления⁶

По мере отступления ледников ледниковые озёра увеличиваются в размерах, что приводит к росту риска наводнений. В статье рассматривается явление наводнений, вызванных прорывом ледниковых озёр (ПЛО).

Изменение климата ускоряет таяние ледников в высокогорных районах, в результате чего всё большую озабоченность вызывают образование и расширение ледниковых озёр. В случае их внезапного прорыва возникают мощные наводнения – явление, известное как наводнения в результате прорыва ледниковых озёр. Такие наводнения представляют серьёзную угрозу для населённых пунктов, расположенных ниже по течению. Далее приводятся пять ключевых фактов, позволяющих лучше понять данную проблему:

1. По мере отступления ледников увеличиваются ледниковые озёра

Повышение температуры приводит к ускоренному таянию и отступанию ледников. По мере их сокращения талая вода накапливается за естественными плотинами, сформированными из рыхлых пород и льда, образуя ледниковые озёра. В таких регионах, как Гималаи и Анды, за последние десятилетия увеличились как количество, так и размеры этих озёр. Бо-

⁶ Источник: 5 Insights into Understanding Glacial Lake Outburst Floods in a Warming World / <https://unu.edu/ehs/article/5-insights-understanding-glacial-lake-outburst-floods-warming-world>
Опубликовано 17.03.2026

лее крупные водоёмы создают дополнительную нагрузку на хрупкие естественные плотины.

2. ПЛО возникает в результате внезапного прорыва естественной плотины

Наводнения, вызванные прорывом ледниковых озёр, происходят при разрушении плотины, удерживающей озеро. Причинами прорыва могут быть интенсивные осадки, сход ледяных или каменных лавин в озеро, а также сейсмическая активность. В случае разрушения плотины значительные объёмы воды с большой скоростью устремляются вниз по течению, унося с собой обломки и нанос. Особому риску подвергаются населённые пункты, сельскохозяйственные угодья, дороги, мосты и гидроэлектростанции, расположенные в речных долинах.

3. Риск определяется как физическими, так и социальными факторами

Опасность, исходящая от ледникового озера, определяется не только его размерами. На вероятность прорыва влияют устойчивость плотины, состояние склонов и наличие потенциальных триггеров. В то же время существенную роль играют степень подверженности риску и социальная уязвимость. Населённые пункты с ограниченными ресурсами, слабой инфраструктурой и недостаточным доступом к системам раннего оповещения более подвержены тяжёлым последствиям. Таким образом, риски, связанные с ПЛО, формируются как сочетание природной опасности, уровня воздействия и социальной уязвимости.

4. Мониторинг и готовность позволяют снизить последствия

Современные технологии мониторинга позволяют выявлять озёра с повышенным уровнем риска. Для оценки устойчивости плотин и возможных последствий для территорий ниже по течению всё шире используются спутниковые данные, полевые исследования и картирование опасностей. В отдельных регионах применяется контролируемый сброс воды для снижения уровня озёр и уменьшения нагрузки на естественные плотины. Важными элементами снижения рисков остаются системы раннего предупреждения на уровне местных сообществ, планирование эвакуации и повышение осведомлённости населения.

5. ПЛО демонстрируют масштабные последствия изменения климата

Наводнения, вызванные прорывом ледниковых озёр, наглядно демонстрируют, как изменение климата усиливает риски для горных сообществ и прилегающих территорий. Помимо непосредственного ущерба, такие события нарушают привычный уклад жизни, подрывают достижения в области развития и усиливают долгосрочную уязвимость. Снижение рисков, связанных с ПЛО, требует устойчивых инвестиций в научные исследования, мониторинг и планирование адаптационных мер, а также тесного взаимодействия между учёными, органами власти и местными сообществами.

Адаптация плотин к экстремальным климатическим условиям: уроки глобальной эксплуатации водохранилищ⁷

В условиях повышения температуры, увеличения количества осадков и роста риска наводнений руководители водохозяйственных организаций пересматривают вопросы безопасности плотин и управления водохранилищами. Примеры из Австралии, Италии, США и Японии демонстрируют, как применение инструментов прогнозирования, систем поддержки принятия решений и комплексное управление бассейнами повышают устойчивость.

Исследования всё чаще показывают, что по мере дальнейшего повышения глобальной температуры поверхности Земли экстремальные значения осадков и речного стока будут усиливаться. В связи с этим Всемирный банк в последнее время уделяет внимание вопросам повышения безопасности и устойчивости плотин в контексте изменения климата и экстремальных гидрологических явлений, предоставляя детальные методологии оценки воздействия изменения климата, а также тематические исследования по адаптивной эксплуатации водохранилищ в различных регионах.

⁷ Источник: [Adapting dams to climate extremes: lessons from global reservoir operations / https://www.waterpowermagazine.com/analysis/adapting-dams-to-climate-extremes-lessons-from-global-reservoir-operations/?cf-view](https://www.waterpowermagazine.com/analysis/adapting-dams-to-climate-extremes-lessons-from-global-reservoir-operations/?cf-view) Опубликовано 12.03.2026

Опыт Австралии

После оценки влияния изменения климата на прогнозы максимальных возможных осадков (РМР – probable maximum precipitation) австралийские исследователи пришли к выводу, что предположение о стационарном климате является ключевым недостатком традиционных оценок. Согласно оптимистичному климатическому сценарию, прогнозируемые максимальные осадки по всей Австралии к 2100 г. увеличатся в среднем на 13%, тогда как в пессимистическом сценарии рост составит 33%. Исследователи отмечают, что методы расчета РМР потребуют регулярного обновления для учёта вероятного постепенного увеличения РМР и, как следствие, прогнозируемых паводков. Такие прогнозы указывают на серьёзные последствия для гидрологической безопасности плотин в условиях изменения климата в Австралии, причём аналогичный спектр последствий можно ожидать и во многих других регионах мира.

В 2011 г. внимание мирового сообщества привлекло строительство плотины Вивенхо в Квинсленде на реке Брисбен, когда, по мнению экспертов, «неоптимальная эксплуатация для борьбы с наводнениями» привела к масштабному затоплению. В результате трагически погибли 33 человека, ущерб от наводнения составил 3,2 млрд австралийских долларов в 90 городах, а более 20 000 домов были затоплены, поскольку приоритет отдавался хранению воды для водоснабжения, а не сбросу воды для предотвращения наводнений.

В докладе Всемирного банка отмечается, что, будучи одной из самых передовых стран мира в области безопасности плотин с низким числом зарегистрированных аварий и инцидентов, Австралия рассматривает произошедшее событие как предмет тщательного изучения в учебных целях. Плотина Вивенхо, эксплуатируемая компанией Seqwater в основном как водохранилище для регионов Брисбена и Ипсвича, также обеспечивает защиту от наводнений, выработку гидроэлектроэнергии и возможности для отдыха. Каменно-насыпная дамба высотой 59 метров с общей емкостью водохранилища около 3,1 миллиарда м³ была построена в 1984 г.

В 2019 г. группа из почти 7000 местных жителей, пострадавших от наводнения, подала исторический коллективный иск по поводу управления плотинной Вивенхо и выиграла дело. Суд признал их «жертвами халатности». Верховный суд Нового Южного Уэльса постановил, что инженеры, занимавшиеся предотвращением наводнений, слишком полагались на оценки количества осадков на местности в 2011 г. и ненадлежащим образом использовали прогнозируемые осадки для водосборного бассейна и работы водохранилища.

В отчёте Всемирного банка подчеркивается, что этот случай демонстрирует важность создания надлежащей системы поддержки принятия решений и руководства по эксплуатации многоцелевых плотин, которые по своей природе включают противоречивые потребности в водоснабжении и борьбе с наводнениями. Внедрение современных систем прогнозирования осадков и притока воды также рассматривается как ключевой элемент для эффективного функционирования систем поддержки принятия решений при эксплуатации водохранилищ.

Итальянское озеро Комо

Озеро Комо в Италии рассматривается как естественное водохранилище, которое в основном используется для орошения и выработки гидроэлектроэнергии, однако защита от наводнений становится всё более важной дополнительной функцией. Поскольку полезный объем водохранилища составляет всего 5% от среднегодового притока воды, а пропускная способность регулирующих затворов ограничена, управление водохранилищем описывается как «сложная задача».

В 1997 г. в управление водохранилищем был внедрен адаптивный подход, позволяющий учитывать данные краткосрочного прогнозирования с вероятностной оценкой при принятии решений. Несмотря на противоречивые цели управления многоцелевым водохранилищем, система поддержки принятия решений продемонстрировала значительные оперативные улучшения:

- снижение частоты наводнений в городе на озере Комо более чем на 30%;
- сокращение дефицита воды на 110 млн м³/год, что в среднем составляет 12%;
- увеличение выработки гидроэлектроэнергии в среднем на 3%.

Система поддержки принятия решений направлена на оптимизацию противоречивых оперативных задач с помощью усовершенствованного прогнозирования наводнений. При этом правила работы системы ориентированы на максимизацию долгосрочных выгод, а также помогают операторам определять объем воды, сбрасываемой из водохранилища во время наводнений, чтобы снизить риск разрушения плотин и затопления территорий ниже по течению.

Кроме того, система широко использует вероятностные прогнозы, стохастическую оптимизацию и байесовские методы принятия решений,

реализованные через удобный для пользователя интерфейс. Она также подчёркивает важность сотрудничества между управляющими водохранилищами, учёными и другими заинтересованными сторонами для разработки усовершенствованной системы прогнозирования осадков и наводнений, интегрированной с системой оптимизации эксплуатации водохранилищ.

Изменение политики США

В 2017 г., в рамках значительного изменения политики, Инженерный корпус армии США совместно разработал программу управления водохранилищами на основе прогнозов (FIRO). Цель программы заключалась в улучшении процесса принятия решений о сохранении или сбросе воды путём внедрения дополнительной гибкости в политику и правила эксплуатации, основанные на расширенном мониторинге и улучшенных прогнозах погоды и речного стока, с целью максимизации различных задач развития, таких как водоснабжение, выработка гидроэлектроэнергии и предотвращение наводнений.

Система FIRO использует ансамблевое прогнозирование (EFO) – подход к управлению паводками в водохранилищах, основанный на оценке рисков, включающий ансамблевые прогнозы речного стока, предоставляемые Калифорнийско-Невадским центром прогнозирования рек.

Одним из первых применений технологии FIRO стало водохранилище Койот-Вэлли на озере Мендосино в Калифорнии. Это водохранилище двойного назначения объёмом 137 млн м³ находится в собственности и под управлением Инженерного корпуса армии США и компании Sonoma Water. Однако со временем стало ясно, что оно неэффективно удовлетворяет ни потребности в водных ресурсах, ни задачи по борьбе с наводнениями.

Инженерный корпус планировал провести пилотное тестирование системы в течение гидрологических годов 2019 и 2020, периода, совпавшего с экстремальной засухой в регионе. В то время как 2019 г. был относительно влажным, 2020 г. оказался третьим самым засушливым за последние 127 лет. Система FIRO позволила увеличить объём воды в водохранилищах на 19% (более чем на 13,6 млн м³) к концу марта, что позволило поставщику услуг поддерживать водоснабжение в течение последующего экстремально засушливого периода.

Пример озера Мендосино демонстрирует важность внедрения передовых технологий, наращивания потенциала ответственных ведомств и обеспечения тесного сотрудничества между ключевыми заинтересованными

ми сторонами, включая технические и исследовательские агентства по климату и гидрометеорологии.

Эксплуатация водохранилищ в Японии

В Японии многие мегаполисы расположены в районах, подверженных сильным наводнениям, в низовьях речных бассейнов. В связи с этим в стране создана комплексная и интегрированная система управления наводнениями на уровне бассейнов, в рамках которой администраторы бассейнов предоставляют рекомендации по эксплуатации плотин их владельцам и операторам во время наводнений. Негосударственным владельцам плотин, не выполняющих функции защиты от наводнений, также предлагается вносить вклад в управление наводнениями на уровне бассейна с использованием современной системы прогнозирования осадков и паводков.

В качестве примера рассматривается плотина Кусаки высотой 140 метров, бетонная гравитационная конструкция с водохранилищем объёмом 60,5 млн м³. Введённая в эксплуатацию в 1976 г. и управляемая Японским агентством водных ресурсов, плотина выполняет несколько функций: выработку 20 МВт гидроэнергии, водоснабжение Токийской агломерации, орошение и защиту от наводнений в низовьях рек Тонэ и Ватарасэ.

Во время тайфуна Хагибис с 11 по 13 октября 2019 г. плотина Кусаки провела экстренное снижение уровня воды в водохранилище на основе прогнозов погоды и паводков. Без этой операции плотине пришлось бы перейти в аварийный режим, требующий сброса полного объёма притока воды для предотвращения превышения максимального уровня паводковых вод и обеспечения безопасности плотины. Благодаря прогнозам оператор смог ограничить максимальный отток примерно до 600 м³/сек по сравнению с возможными 1700 м³/сек, что позволило снизить уровень воды в водохранилище примерно на 2,6 м. Без таких мер критически важные участки ниже по течению, защищённые дамбами, могли бы быть затоплены в результате прорывов.

Эксплуатация водохранилищ в Индии

В Индии исследования демонстрируют явную тенденцию к увеличению пиковых значений потребления воды по всей стране. В частности, на 84% территории материковой Индии наблюдается рост пиковых значений потребления воды – примерно на 35% в период с 1971 по 2010 гг. по срав-

нению с периодом 1901–1970 гг.. Эти данные указывают на значительное влияние изменения климата и подчёркивают необходимость учитывать этот фактор при пересмотре планирования и проектирования проектов в области водных ресурсов и гидроэнергетики.

Эксплуатация водохранилищ в Шри-Ланке

В Шри-Ланке влияние изменения климата на гидрометеорологические характеристики бассейна реки Махавели оценивалось с использованием детализированного и скорректированного по смещению климатического сценария. Будучи крупнейшим и постоянно полноводным речным бассейном страны с площадью 10 300 км², бассейн характеризуется значительными пространственными и временными колебаниями количества осадков.

Исследования показывают, что при среднем повышении температуры на 1,1 °С в период с 2026 по 2045 гг. в бассейне реки ожидаются более экстремальные осадки – увеличение на 204–476 мм/г. – и более масштабные наводнения. В целом предполагается, что площадь затопленных территорий и риск наводнений в бассейне возрастут в условиях будущего климата.

Обеспечение устойчивости

Предоставляя практические рекомендации для руководителей, специалистов и инженеров, занимающихся вопросами борьбы с наводнениями, эксплуатации водохранилищ и безопасности плотин, Всемирный банк приходит к выводу, что понимание проблем и решений, представленных в его новом докладе, позволит заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения и разрабатывать эффективные стратегии адаптации к изменяющемуся климату, обеспечивая устойчивость систем управления водными ресурсами.

Тревожный звонок

Озера и водохранилища содержат 88% всех пресных поверхностных вод Земли, обеспечивая водоснабжение, продовольственную и энергетическую безопасность, защиту от наводнений, смягчение последствий засухи и экосистемные услуги. Несмотря на то, что строительство тысяч водохра-

нилищ значительно увеличило их ёмкость и способствовало развитию во всем мире, новые исследования предупреждают, что озера и водохранилища находятся под значительным давлением из-за деятельности человека, глобального потепления и стареющей инфраструктуры.

Комплексное управление озерами, водохранилищами и их бассейнами является жизненно важным для сохранения их значительных преимуществ и обеспечения устойчивости к изменению климата. По словам Рафика Ф. Хирджи, бывшего руководителя тематической группы Всемирного банка по водным и экологическим вопросам, и Альфреда Дуды, бывшего старшего советника и руководителя группы Глобального экологического фонда, в этом отношении наблюдаются «широко распространённые сбои в международной водной и экологической политике и институтах».

В статье, опубликованной в журнале *Water Policy*, авторы призывают мировое сообщество, занимающееся водными ресурсами и охраной окружающей среды, «пробудиться от коллективной амнезии, действовать и внедрять передовые методы управления озерами, водохранилищами и бассейнами». Они также рассматривают «институциональную инерцию, препятствующую комплексным действиям», и предлагают «возможности для сотрудничества в области интеграции управления земельными и водными ресурсами в бассейнах озёр и водохранилищ с целью повышения устойчивости к изменению климата».

Несоответствие и несогласованность

Хирджи и Дуда утверждают, что в последние десятилетия международное внимание к вопросам управления озерами и водохранилищами несколько ослабло. Однако мировое сообщество специалистов в области водных ресурсов вновь начинает осознавать острую необходимость комплексных решений по управлению водными ресурсами. Авторы отмечают, что международные экологические и водохозяйственные организации «упускают из виду прошлые успехи и постоянно изобретают велосипед заново». Им настоятельно рекомендуется уделять больше усилий координации, обеспечению преемственности в организации, сотрудничеству и соблюдению передовой практики – всем элементам, необходимым для достижения эффективного, результативного и устойчивого к изменению климата развития в крупном масштабе.

Несмотря на то что озера, водохранилища и их бассейны содержат почти 90% мировых запасов пресной поверхностной воды, авторы подчеркивают, что мировое сообщество специалистов в области водных ресурсов и экологии сталкивается с «значительным несоответствием и несогласо-

ванностью политики». При этом основное внимание по-прежнему сосредоточено на развитии рек и строительстве плотин.

Хирджи и Дуда подчеркивают, что необходимо уделять приоритетное внимание рациональному управлению существующими запасами пресной воды для повышения устойчивости к изменению климата и обеспечения будущего планеты. Они отмечают, что сокращение площади озер и водохранилищ во всем мире подчёркивает важность регулирования спроса, оптимизации использования водных и земельных ресурсов, а также принятия упреждающих мер в условиях изменения климата. По их мнению, решение таких сложных задач, как ремонт и вывод из эксплуатации плотин, требует комплексного подхода на уровне всего водосборного бассейна.

Длительный перерыв

Авторы утверждают, что после «длительного перерыва в уделении внимания озерам и водохранилищам» некоторые важные выводы, сделанные на основе анализа, выполненного 20 лет назад, не нашли отражения в современных документах. В качестве примера они приводят Инициативу по управлению озерными бассейнами (LВМІ).

Программа LВМІ представляла собой финансируемую Глобальным экологическим фондом (ГЭФ) совместную инициативу по устойчивому управлению озерами и их бассейнами, реализованную в период с 2002 по 2005 гг. В рамках этой программы, осуществлявшейся в сотрудничестве с девятью партнерами, включая три агентства ООН по водным ресурсам и Всемирный банк, было подготовлено 28 тематических исследований и 17 тематических документов по управлению озерами, водохранилищами и их бассейнами по всему миру.

Опираясь на опыт региональных форумов и при поддержке 288 экспертов из 41 страны, итоговый отчет программы был одобрен всеми партнёрскими агентствами и определил будущее направление работы руководителей озерных бассейнов и заинтересованных сторон в области устойчивого управления озерами и их бассейнами. В рамках LВМІ было выявлено 19 проблем, затрагивающих 28 изученных озер. В последнем из 13 ключевых выводов отмечалось, что в будущем необходим комплексный подход, при этом приоритетное использование комплексного управления озерами и их бассейнами в государственном планировании, управлении водными ресурсами, сохранении среды обитания и биоразнообразия, а также экономическом развитии будет иметь решающее значение для достижения долгосрочных результатов.

Комплексное управление озерными бассейнами (ILBM) рассматривается как экосистемный подход, который фокусируется на уникальных характеристиках озер и их бассейнов, опираясь на принципы комплексного управления водными ресурсами. Он уделяет приоритетное внимание уязвимости озер, применяет принципы предосторожности, использует научные данные для формирования политики и подчеркивает важность участия заинтересованных сторон.

Методика ILBM была внедрена в различных регионах мира и оказала влияние на национальные стратегии управления водными ресурсами в Малайзии и Кении, а также положительно повлияла на проекты в Восточной Африке, Европе, Восточной Азии и Южной Азии. Несмотря на демонстрацию многообещающих результатов, Хирджи и Дуда отмечают, что общий прогресс в внедрении и применении ILBM остаётся слишком медленным.

По их мнению, самоуспокоенность мирового сообщества, занимающегося водными ресурсами и охраной окружающей среды, привела к пренебрежению использованием передовых методов или препятствовала мобилизации ресурсов для инициатив по управлению водными ресурсами на основе интегрированных подходов. Авторы подчёркивают, что крайне важно активизировать усилия и продвигать реформы для реализации полного потенциала комплексного управления озерными бассейнами (ILBM).

Подчеркивая острую необходимость защиты озер и водохранилищ для обеспечения водной безопасности и устойчивости к изменению климата, Хирджи и Дуда предлагают шесть рекомендаций по ускорению глобального внедрения комплексного управления озерными бассейнами, которые акцентируют внимание на необходимости реформ на международном, национальном, бассейновом и суббассейновом уровнях. Среди них выделяются следующие:

1. **Внедрение концепции ILBM.** Авторы указывают, что это потребует сотрудничества между международными и национальными организациями, занимающимися водными ресурсами, охраной окружающей среды и земельными ресурсами, для достижения эффективных результатов.
2. **Использование передового опыта и знаний.** Международное сообщество должно принимать срочные меры, опираясь на передовой опыт и накопленные знания в области устойчивого управления бассейнами озер и водохранилищ, признавая, что водохранилища, созданные плотинами, представляют собой озера, требующие комплексных решений на уровне всего бассейна – как в верховьях, так и в низовьях.
3. **Поощрение межведомственного сотрудничества.** Необходимо стимулировать взаимодействие между ведомствами, занимающими-

ся водными ресурсами, охраной окружающей среды и землепользованием. Авторы подчеркивают, что «ООН-Вода», региональные банки развития и Всемирный банк должны придавать приоритет сотрудничеству между этими секторами на всех уровнях управления.

4. **Развитие образовательных и подготовительных программ.** Глобальное водное партнерство должно сосредоточить усилия на разработке и продвижении программ подготовки в области комплексного управления озерными бассейнами (ILBM) с целью содействия реформам глобальной политики в области водных ресурсов и охраны окружающей среды.
5. **Содействие совместным реформам на национальном уровне.** Авторы подчеркивают, что министерства, отвечающие за охрану окружающей среды, должны сотрудничать с ведомствами, занимающимися водными и земельными ресурсами, в рамках межведомственных форумов для совершенствования устойчивого управления бассейнами озер и водохранилищ. Международное сообщество, в свою очередь, должно поддерживать партнерства, способствующие проведению реформ политики по принципу «сверху вниз» и укреплению потенциала местных органов власти по принципу «снизу вверх».
6. **Содействие внедрению ILBM на политическом и операционном уровнях.** Хирджи и Дуда отмечают, что для эффективной реализации комплексного управления озерными бассейнами необходимо интегрировать ILBM в национальные стратегии, нормативные акты и оперативные процедуры управления водными ресурсами.
7. **Повышение устойчивости к изменению климата на уровне водосборного бассейна.** Авторы подчеркивают необходимость использования структурированных механизмов адаптации к изменению климата, основанных на передовом опыте международного, регионального и национального планирования и управления водными ресурсами, для обеспечения устойчивости озер и водохранилищ в долгосрочной перспективе.

Засуха озер

За последние три десятилетия более половины крупнейших озёр мира столкнулись с существенным сокращением объёма водохранилищ. Авторы отмечают, что это имеет далеко идущие последствия, затрагивающие, по оценкам, около 25 % мирового населения, и вызывает широкий международный резонанс. В условиях повышения температуры, связанного с из-

менением климата, проблема засух в озерах вызывает всё большую озабоченность.

Засухи в озерных районах рассматриваются как серьёзная угроза глобальной водной безопасности. Восстановление после таких событий может занимать длительное время, поскольку ущерб часто оказывается значительным и долгосрочным. Засухи могут приводить к острой нехватке воды, угрожать биоразнообразию, создавать экологические проблемы и даже провоцировать социальные и межгосударственные конфликты. При этом, несмотря на серьёзные последствия, этому типу экстремальных явлений посвящено крайне мало исследований.

Однако, как отмечают Чэн и соавторы в недавнем исследовании, опубликованном в журнале *Communications Earth and Environment*, глобальная оценка более 160 000 озёр на основе данных о площади за период с 1985 по 2018 гг. позволила сосредоточить внимание на проблеме засух в озерных районах. Полученные результаты показывают, что в 15,7 % озёр наблюдается статистически значимая тенденция к увеличению частоты засух, при этом наиболее выраженные очаги засухи зафиксированы на юге США (52,7 %) и в юго-восточной Австралии (70,4 %).

К регионам с более высокой долей озёр, где отмечается усиление засух, авторы относят Западную Азию (47,1 %), Южную Австралию и Новую Зеландию (46,6 %), Западную и Восточную Африку (41,2 % и 35 %), Восточную и Центральную Азию (35,3 % и 31,8 %), Центральную и Северную Европу (30,3 % и 26,1 %) и юго-восточную часть Южной Америки (31,7 %).

Учитывая, что большинство искусственных водохранилищ эксплуатируются для водоснабжения, защиты от наводнений и удовлетворения других потребностей человека, авторы отмечают, что они в большей степени подвержены антропогенному воздействию по сравнению с природными озёрами. С целью выяснить роль человеческой деятельности они сравнили частоту возникновения засух в этих двух типах водоёмов в регионах с повышенной уязвимостью, исходя из предположения о стабильности климатических условий внутри каждого региона. Авторы утверждают, что результаты анализа свидетельствуют о том, что деятельность человека в определённой степени усугубляет засухи в озерных бассейнах, хотя и не является их основной причиной. Так, на юге США, где более 60 % искусственных водохранилищ являются ключевыми источниками воды, в большем числе водохранилищ (59 %) отмечается значительная тенденция к увеличению частоты засух по сравнению с природными озёрами (39 %). По их мнению, это подчёркивает ведущую роль климатических факторов в возникновении засух в озерных бассейнах. Кроме того, авторы отмечают, что их глобальный анализ показывает: по сравнению с природными озёра-

ми, водохранилища чаще демонстрируют статистически значимую тенденцию к увеличению частоты засух. В частности, большинство водохранилищ и плотин, расположенных преимущественно в средних широтах (например, в Китае, Индии, США и на Ближнем Востоке), построены для удовлетворения потребностей местного населения. Таким образом, климатические факторы играют доминирующую роль в возникновении засух в озёрах, тогда как деятельность человека – включая строительство плотин и регулирование стока – также способствует усилению засух в водохранилищах.

Критический вопрос

В связи с наблюдаемой в последние десятилетия значительной тенденцией к увеличению частоты засух, Чэн и соавторы считают, что эта проблема остаётся крайне актуальной в условиях изменения климата и усиления антропогенной деятельности. По их мнению, полученные данные подчёркивают острую необходимость изучения и устранения основных причин засух в озёрных бассейнах, особенно в регионах с растущим спросом на воду и её дефицитом.

В будущем исследования засух в озёрных бассейнах должны в большей степени сосредоточиться на количественной оценке антропогенных факторов. Кроме того, они подчёркивают важность точного мониторинга, прогнозирования и моделирования состояния озёрных ресурсов в рамках различных сценариев будущего климата и социально-экономического развития для более глубокого анализа и понимания процессов, ведущих к засухам в озёрных бассейнах.

Цифровые технологии

Исчезающий снежный покров усиливает спрос на оперативные гидрологические данные⁸

Зимний снежный покров рассматривается как естественный водный резервуар. Согласно наблюдениям, снег, накопившийся в холодный сезон, весной постепенно подвергается таянию, обеспечивая подпитку рек, водохранилищ и гидроэлектростанций. Однако эта традиционно надежная система поступления воды подвергается значительным изменениям.

Мировая практика свидетельствует о сокращении объема снегопадов, а зимние осадки все чаще проявляются в форме дождя. Даже при выпадении снега его таяние происходит раньше обычного, а снежный покров исчезает быстрее. Для специалистов в области гидрометеорологии и управления водными ресурсами, ответственных за обеспечение питьевой водой, производство электроэнергии и поддержание здоровья экосистем, это создает повышенную сложность прогнозирования водоснабжения.

На фоне сокращения запасов природных вод усиливается значимость данных о водном уровне и расходе в режиме реального времени. Сети мониторинга стока и гидрологического состояния рек рассматриваются как ключевые системы раннего предупреждения, позволяющие выявлять потенциальные риски, включая водные кризисы и перебои с электроснабжением.

Снижение надёжности природных водных резервуаров

Снежный покров исторически рассматривался как наиболее эффективный природный водный резервуар. Накопившийся зимой снег весной и летом постепенно подвергается таянию, обеспечивая подпитку ручьев, озёр и рек. Этот предсказуемый гидрологический цикл поддерживает водоснабжение населённых пунктов, функционирование сельского хозяйства, генерацию электроэнергии и здоровье экосистем.

⁸ Источник: Vanishing snowpack drives demand for real-time water data / <https://smartwatermagazine.com/news/kisters/vanishing-snowpack-drives-demand-real-time-water-data> Опубликовано 10.03.2026

Современные наблюдения показывают снижение надежности снежного покрова как водного ресурса. В последние годы фиксируются рекордно низкие или близкие к рекордным показатели площади и толщины снега. В регионах от Гималаев до западных штатов США частота снежных засух увеличивается. Объём снегопадов снижается, а повышение температуры приводит к тому, что зимние осадки все чаще проявляются в виде дождя. Во многих водосборных бассейнах отмечается более раннее таяние снега и смещение сезонных гидрологических тенденций.

Изменение характера стока инициирует цепные последствия для водохозяйственных систем. Муниципальные органы сталкиваются с риском дефицита питьевой воды и угрозой ухудшения качества водозаборных ресурсов, в том числе из-за цветения водорослей. Сельскохозяйственные предприятия вынуждены корректировать нормы орошения, принимая сложные решения по землепользованию. Операторы гидроэлектростанций сталкиваются с сокращением притока воды и снижением мощности генерации, тогда как пресноводные экосистемы испытывают стресс, влияя на биоразнообразие и экологическое равновесие.

Непрерывное наблюдение уровня и расхода воды позволяет водохозяйственным органам прогнозировать сроки и объемы стока. Информация о текущих гидрологических условиях предоставляет муниципалитетам и водопользователям возможность корректировать решения по накоплению, распределению и эксплуатации водных ресурсов. По мере того, как снежный покров теряет надежность как источник подпитки, значимость данных мониторинга водных потоков и состояния рек возрастает, обеспечивая стабильность водоснабжения.

Обеспечение безопасности питьевого водоснабжения

Для адаптации к растущей гидрологической изменчивости и оценки способности водных запасов удовлетворять растущий спрос водохозяйственные органы используют широкий спектр источников данных. Среди них – ручные съёмки снежного покрова, автоматизированные телеметрические станции и спутниковые наблюдения. Эти инструменты позволяют оценивать водный эквивалент снега (SWE) и повышать точность сезонных прогнозов стока.

Однако даже глубокое понимание проблемы нехватки воды не устраняет сокращение её природных запасов. В ряде регионов рациональное использование воды становится частью повседневной практики, но этих мер недостаточно для полного устранения дисбаланса между спросом и предложением. В этой связи повторное использование воды рассматри-

вается как ключевая стратегия повышения общей эффективности водохозяйственных систем. Благодаря современным технологиям очистки сточных вод возможно их регенерация и повторное использование для орошения зеленых зон, пополнения запасов подземных вод или промышленных нужд, что позволяет направлять сырой водный ресурс в первую очередь на обеспечение питьевого водоснабжения.

Интеграция наземного мониторинга с дистанционным зондированием предоставляет ценную информацию для оценки и корректировки стратегий управления водными ресурсами. Многие методы прогнозирования опираются на спутниковые данные и результаты гидрологических моделей, однако измерения на месте в режиме реального времени сохраняют ключевое значение. Наблюдения за уровнем воды и расходом позволяют проверять достоверность данных дистанционного зондирования, корректировать исходные предположения и уточнять прогнозы с учётом фактических условий. Совмещение наземных и космических наблюдений повышает точность гидрологического моделирования, особенно при применении методов машинного обучения.

Обеспечение надежности энергосистемы

Согласно данным Службы по изменению климата «Коперник», засуха 2025 г. в Европе стала самой интенсивной за период наблюдений и продемонстрировала цепную реакцию, вызванную сокращением запасов воды, на функционирование энергетических систем. Истощение водохранилищ привело к снижению производства гидроэлектроэнергии до многолетних минимумов, а уменьшение стока рек ограничило генерирующие мощности. Для обеспечения стабильного производства электроэнергии и удовлетворения потребностей рынка гидроэнергетики продолжает зависеть от предсказуемого притока воды.

Гидроэнергетика остается ключевым элементом энергетического баланса. Хотя её доля в структуре генерации варьируется по регионам, она способствует стабилизации энергосистем, компенсируя колебания в подаче энергии от переменных возобновляемых источников, таких как солнечная и ветровая энергия. Снижение надежности водозабора прямо влияет на надежность выработки гидроэлектроэнергии. Это происходит на фоне увеличивающихся испытаний для энергосистем, вызванных учащением экстремальных погодных явлений, старением инфраструктуры и ростом спроса, в том числе со стороны энергоёмких центров обработки данных.

Интеграция данных мониторинга открытых водотоков с результатами спутникового наблюдения позволяет существенно повысить ситуаци-

онную осведомленность операторов гидроэлектростанций и водохранилищ. Более полное понимание сроков и объемов притоков способствует оптимизации графиков аккумулярования, сброса воды и выработки электроэнергии как в период паводков, так и на протяжении всего года. Наборы данных с высоким пространственным и временным разрешением служат основой для систем поддержки принятия решений, обеспечивающих баланс между эксплуатационными ограничениями, управлением рисками, спросом и рыночными ценами.

Обнаружение признаков возникающих угроз

Последствия сокращения снежного покрова и недостаточного количества осадков выходят далеко за пределы проблем водоснабжения и энергетики. Длительная засуха увеличивает вероятность и интенсивность экстремальных природных явлений. Мониторинг открытых водотоков рассматривается как инструмент, позволяющий органам управления выявлять признаки потенциальной опасности, готовиться к возникающим рискам и своевременно информировать население.

- **Засухи:** эти явления часто развиваются постепенно, что затрудняет их раннее выявление до момента гибели сельскохозяйственных культур, ухудшения состояния экосистем или угрозы источникам питьевой воды. Засухи могут проявляться даже при близком к норме снежном покрове, если весенний период характеризуется дефицитом осадков. Системы раннего предупреждения о засухах контролируют не только количество осадков и дождей, но и снижение уровня поверхностных вод и уменьшение стока в нерегулируемых водотоках.
- **Наводнения:** парадоксально, но засушливые условия повышают риск наводнений. Уплотнённые почвы снижают водопроницаемость, что приводит к ускоренному стоку ливневых вод в водосборных бассейнах с крутым рельефом. Мониторинг изменений скорости течения поверхностных вод может служить ранним индикатором повышения уровня воды и потенциальной перегрузки дренажной системы. В сочетании с системами оповещения это позволяет принимать защитные меры, включая временное закрытие дорог и активацию автоматических барьеров на затопленных участках. Измерение уровня воды в реальном времени также способствует последующему анализу после штормовых событий и улучшает возможности прогнозирования наводнений.
- **Лесные пожары:** снежный покров обычно повышает влажность растительности и снижает риск возгорания потенциально горючих ма-

териалов. При сокращении снежного покрова и повышении температуры ландшафты становятся более сухими, что ограничивает возможности проведения контролируемых выжиганий для регулирования количества растительности и горючих материалов. В этих условиях риск возникновения лесных пожаров повышается в течение всего года.

В условиях таких угроз мониторинг открытых водотоков предоставляет важную информацию о состоянии поверхностных вод. Органы власти могут оценивать доступность поверхностных вод для пополнения запасов подземных вод, координировать сброс воды из водохранилищ и плотин, а также реализовывать меры по ликвидации чрезвычайных ситуаций в зависимости от складывающихся обстоятельств.

Модернизация сетей мониторинга

Сети гидрологических постов остаются фундаментом гидрологической науки. Глобальный центр данных о стоке (GRDC), функционирующий на платформе KISTERS IT, аккумулирует информацию более чем с 3000 европейских гидрологических постов, некоторые из которых ведут учет с 1806 г. Тем не менее поддержание надежных и экономически эффективных сетей мониторинга продолжает представлять собой сложную задачу для многих организаций.

Среди распространённых стратегий укрепления сетей мониторинга выделяются следующие:

- **Постепенная замена оборудования:** внедрение бесконтактных радиолокационных датчиков обеспечивает надежные измерения уровня воды и расхода, позволяя избежать ряда проблем, связанных с погружными приборами. По мере интеграции новых технологий вместе с существующими устройствами ведомства могут сравнивать эксплуатационные характеристики и требования к обслуживанию устаревшего оборудования на тех же или аналогичных объектах.
- **Стратегическое расширение сети:** увеличение плотности пунктов наблюдения повышает пространственное разрешение данных и точность гидрологических прогнозов. Появление датчиков со встроенными регистраторами данных позволяет создавать новые станции мониторинга даже в отдалённых и труднодоступных районах. Поток данных в режиме реального времени способствует повышению эффективности мер управления водными ресурсами.

- **Гибкость для будущих изменений:** модернизация сетей позволяет коммунальным и водохозяйственным предприятиям адаптировать системы поддержки принятия решений в соответствии с развитием технологий. Современные платформы автоматизируют сложные рабочие процессы обработки данных, поддерживают приложения для гидрологического моделирования и создают возможности поэтапного внедрения методов машинного обучения и искусственного интеллекта, при этом сохраняя накопленный организационный опыт.

Сети мониторинга играют ключевую роль в решении оперативных задач, особенно с учётом того, что качество гидрологических моделей зависит от точности входных данных. Внедрение высокоточных датчиков и расширение охвата объектов приборами, готовыми к удалённому управлению, позволяет ведомствам получать ценную аналитическую информацию. Современные платформы данных обеспечивают прогнозируемость, позволяя планировать действия с учётом различных сценариев развития событий.

По мере сокращения снежного покрова и снижения надежности природных водохранилищ нагрузка на системы водоснабжения, энергетики и управления чрезвычайными ситуациями увеличивается. Мониторинг уровня воды и расхода в режиме реального времени предоставляет достоверные данные, необходимые для отслеживания изменений стока, проверки точности гидрологических моделей и выявления потенциальных рисков до их масштабирования. Модернизация сетей мониторинга обеспечивает руководителей водохозяйственных организаций актуальной информацией для планирования в условиях повышенной климатической нестабильности и внедрения основанных на данных стратегий устойчивого управления водными ресурсами, экосистемами и критически важной инфраструктурой.

Азия

Исследование: к 2040 году ледники Центральной Азии могут потерять треть своей массы⁹

Горный хребет Тянь-Шань, который также называют «водонапорной башней Центральной Азии», считается важнейшим источником воды для сельского хозяйства, промышленности и миллионов людей в странах Центральной Азии и Синьцзянском регионе Китая. Сообщается, что за последние 50 лет ледники Тянь-Шаня потеряли около 27 % своей массы и 18 % своей площади.

По данным недавнего исследования, в целом горы Тянь-Шаня могут потерять примерно треть ледников региона к 2040 г. Кроме того, ученые предупреждают, что ситуация может ухудшиться в зависимости от климатического сценария, что способно привести к сокращению ледниковой массы Тянь-Шаня почти на всю её современную величину в ближайшие десятилетия.

⁹ Источник: Study: Central Asia's Water Tower to Lose One-third of Glacier Mass by 2040 / <https://waterpolitics.com/study-central-asias-water-tower-to-lose-one-third-of-glacier-mass-by-2040/>
Опубликовано 4.03.2026



Ледники Тянь-Шаня, вид со спутника, 9 октября 2023 года

Ранее прогнозы предсказывали аналогичный результат, хотя и с более длительным временным горизонтом до 2050-х гг.

В случае реализации такого сценария могут возникнуть серьёзные негативные последствия для доступности оросительной воды в наиболее уязвимых странах, таких как Узбекистан и Казахстан. Отмечается, что обе страны сталкиваются с проблемами неэффективной инфраструктуры распределения водных ресурсов и нерационального использования воды. При этом, по мнению экспертов, хлопковая промышленность Узбекистана сыграла значительную роль в возникновении катастрофы Аральского моря.

По словам научного сотрудника Высшей технической школы Цюриха (ETH Zurich) и Свободного университета Брюсселя (VUB Brussels) Ландера Ван Трихта, одного из соавторов исследования, к 2040 г. в Центральной Азии, согласно прогнозам, может быть утрачено около 20% нынешней массы ледников. По его словам, на этот показатель в значительной степени влияют очень крупные ледники Каракорама, Памира и Гималаев, которые являются частью более широкого региона Центральной Азии. Он пояснил, что, в отличие от них, Тянь-Шань содержит множество более мелких ледников, быстрее реагирующих на изменение климата. Кроме того, учёный отметил, что Тянь-Шань считается особенно уязвимым из-за своего спе-

цифического режима накопления: повышение температуры не только усиливает таяние ледников, но и снижает количество снегопадов.

Бен Орлов, профессор Школы международных и общественных отношений Колумбийского университета, считает, что ситуация в ближайшее время может стать серьёзной и в дальнейшем потребовать очень радикальных мер. По его мнению, сокращение выбросов могло бы помочь, однако радикальное их снижение представляется маловероятным.

В то же время, как отметил Орлов в комментарии изданию *The Diplomat*, в Центральной Азии в будущем может появиться определённая надежда благодаря увеличению количества осадков.

Усиление таяния ледников потенциально ставит под сомнение планы правительств региона по строительству гидроэлектростанций в Кыргызстане. Сообщается, что всё больше международных доноров, включая Всемирный банк, проявляют интерес к участию в строительстве гидроэлектростанции «Камбарата-1», общий объём инвестиций в которую оценивается примерно в 4 млрд долл.

Как сообщил изданию *The Diplomat* Ландер Ван Трихт, во многих речных бассейнах вскоре будет достигнут пик стока, после чего произойдёт его смещение с конца лета на конец весны. По его словам, в нескольких горных хребтах и водосборных бассейнах такое смещение уже наблюдается. Учёный пояснил, что, если сокращение летнего стока ледников не будет компенсировано осадками или таянием снега – особенно в засушливые годы, – нехватка воды для орошения может возникнуть уже в ближайшее время. Он подчеркнул, что это особенно актуально для регионов, где преобладают небольшие ледники.

Ван Трихт также отметил, что гидроэнергетические проекты могут создавать определённые возможности за счёт накопления воды в периоды её избытка и выработки возобновляемой электроэнергии. Вместе с тем он добавил, что относится к этому с определённой осторожностью, поскольку крупная гидроэнергетическая инфраструктура также обеспечивает контроль над водностью ниже по течению, что может иметь геополитические последствия, когда реки пересекают национальные или региональные границы. По его словам, в связи с этим необходимы чёткие соглашения и надёжные механизмы трансграничного управления для обеспечения справедливого и устойчивого управления водными ресурсами.

Аналогичного мнения придерживается и Орлов, который считает, что хорошо спланированный гидроэнергетический проект вполне возможен, если в горах Тянь-Шаня будет выпадать больше осадков. При этом он отметил, что такие условия могут значительно меняться из года в год, и планировщикам будет сложно учитывать колебания производства энергии в периоды пикового водоснабжения, зависящие от множества факторов.

Учёные и эксперты прогнозируют, что глобальное потепление окажет значительное влияние на Центральную Азию. По их оценкам, в регионе темпы повышения температуры будут продолжать опережать глобальные показатели, что может привести к увеличению частоты и глубины гидрологических засух, а также к усилению процессов опустынивания. Интенсивное таяние ледников и изменения речного стока, усугубляющие многие проблемы, связанные с водными ресурсами и состоянием окружающей среды, могут оказать дестабилизирующее воздействие на продовольственную безопасность, обеспечение населения качественной питьевой водой, а также на работу гидроэлектростанций.

Как сообщил изданию *The Diplomat* Ландер Ван Трихт, в настоящее время мир движется по траектории глобального потепления примерно на 2,7 °C к 2100 г. По его словам, для Тянь-Шаня это приблизительно соответствует климатическому сценарию SSP2-4.5, который предполагает сокращение массы ледников примерно на 82% по сравнению с нынешним уровнем. Учёный добавил, что более реалистичная оценка при сохранении нынешней климатической политики, вероятно, находится в диапазоне потери 75–85% ледниковой массы.

Засуха может проверить новый подход Центральной Азии к сотрудничеству¹⁰

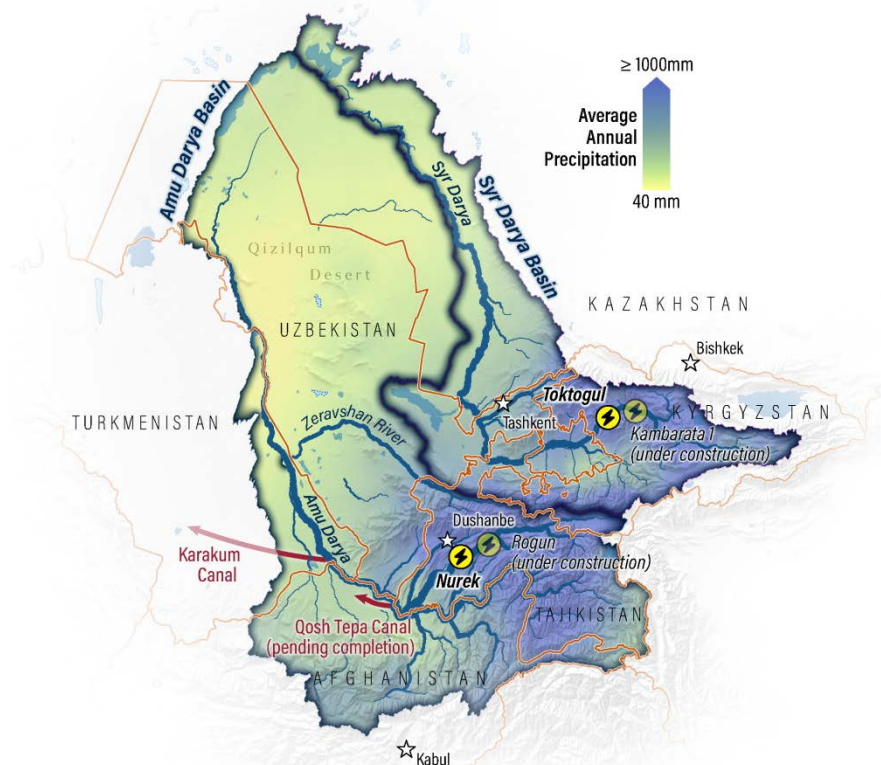
Ежегодные дожди и снегопады в Кыргызстане и Таджикистане обеспечивают водой миллионы людей как внутри этих стран. Зимний снег в горах тает весной, наполняя водохранилища гидроэлектростанций, тогда как летние дожди обеспечивают влагой сельскохозяйственные культуры. Однако в 2025 г. количество осадков оказалось значительно ниже нормы. По имеющимся данным, оно составило около 80% от среднего показателя за период 2000–2020 гг., что сделало 2025 г. одним из самых засушливых в регионе за последние десятилетия. Подобная засуха, как отмечается, может создать серьёзные проблемы для региона, где в последние годы формируется новый уровень межгосударственного сотрудничества.

Внутренние последствия столь засушливого года оказываются особенно ощутимыми для самих стран верховья. Сообщается, что уровень во-

¹⁰ Источник: Drought May Test Central Asia's New Cooperative Approach / <https://waterpolitics.com/drought-may-test-central-asias-new-cooperative-approach/> Опубликовано 4.03.2026

ды в Токтогульском водохранилище в Кыргызстане и Нурекском водохранилище в Таджикистане приближается к историческому минимуму для этого времени года. В целях экономии водных ресурсов для производства электроэнергии в зимний период обе страны вводят ограничения на потребление электроэнергии, чтобы избежать масштабных отключений.

Отмечается также, что ситуация имеет и международное измерение. С наступлением летнего сезона государства, расположенные ниже по течению рек – Узбекистан, Туркменистан и Казахстан – начинают испытывать обеспокоенность по поводу объёмов доступной воды. Эти страны, расположенные в засушливых равнинных районах и находящиеся в бассейнах рек Сырдарья и Амударья, в значительной степени зависят от водных ресурсов, поступающих из горных верховьев Центральной Азии, которые обеспечивают наполнение оросительных каналов, используемых для выращивания хлопка и продовольственных культур.



*Дожди выпадают в пышных горных хребтах Кыргызстана и Таджикистана, которые являются истоками рек Сырдарья и Амударья. Эти две реки несут жизненно важную воду в засушливые Узбекистан, Туркменистан и Казахстан.
Карта составлена Захари Гудвином*

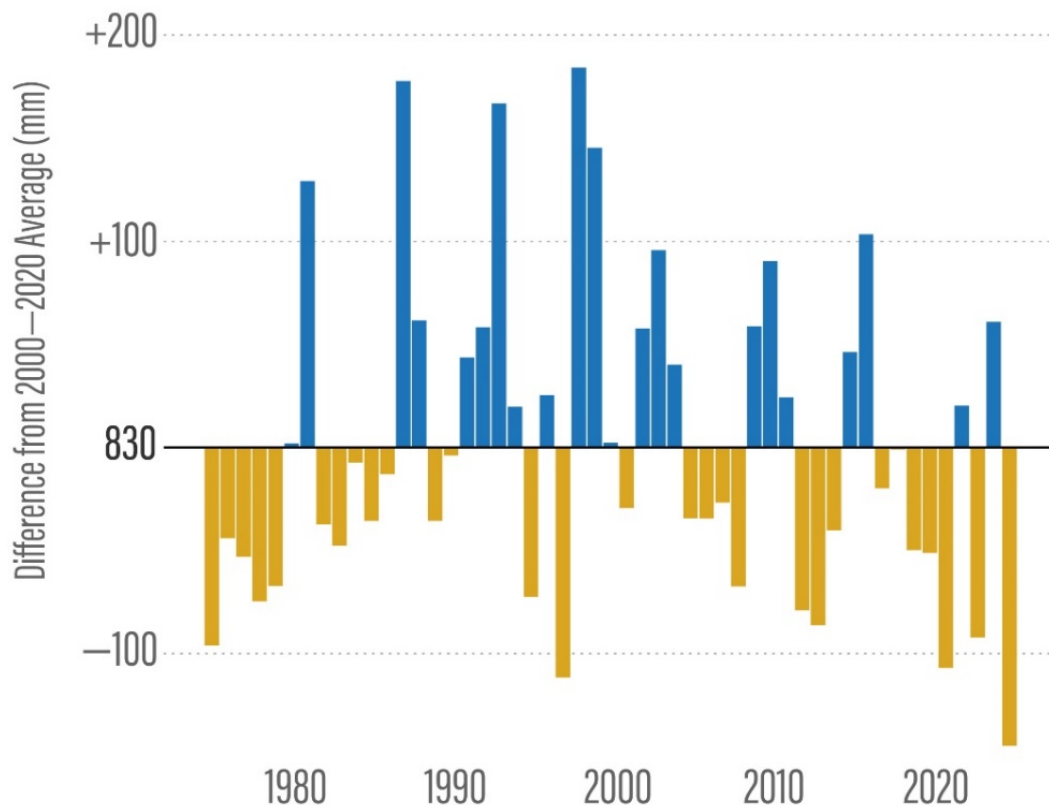
Разделение водных ресурсов между независимыми государствами Центральной Азии на протяжении долгого времени остаётся сложной задачей. Отмечается, что существующие инфраструктурные ограничения, унаследованные от советского периода, государственные границы и особенности аграрной политики затрудняют формирование новых моделей сотрудничества, в рамках которых страны пытаются интегрировать национальные интересы и цели в систему регионального управления водными ресурсами.

Ранее ситуация в регионе иногда принимала конфликтный характер. Сообщалось, что столкновение между жителями таджикской и кыргызской сторон общего водозабора Головной в апреле 2021 г. переросло в вооружённый конфликт, который вновь обострился в сентябре 2022 г.

По имеющимся данным, с тех пор ситуация изменилась, и страны Центральной Азии достигли нового уровня сотрудничества. Отмечается, что территориальные споры в Ферганской долине были урегулированы. В конце 2022 г. Кыргызстан и Узбекистан договорились о совместном управлении водохранилищем Андижан/Кемпир-Абад и обмене соответствующими земельными участками. Соглашение между Кыргызстаном и Таджикистаном, подписанное в марте 2025 г., окончательно урегулировало спорную границу протяжённостью почти 1000 км и включало новую структуру совместного использования водозабора Головной.

По наблюдениям экспертов, давние противники строительства крупных гидроэлектростанций, таких как Рогун в Таджикистане и Камбарата-1 в Кыргызстане, смягчили свою позицию и даже оказали политическую поддержку этим проектам. Аналитики отмечают, что тенденция к авторитарной консолидации, возможно, способствовала установлению новых дружественных отношений между странами. При этом текущий дефицит воды, по их мнению, может стать первым серьёзным испытанием этих договорённостей.

COMBINED RAINFALL ANOMALY IN KYRGYZSTAN AND TAJIKISTAN



Согласно данным, годовое количество осадков в Кыргызстане и Таджикистане в период с 2000 по 2020 гг. колебалось около 830 мм. Сообщается, что 2025 г., когда осадков выпало на 144 мм меньше среднего показателя, стал самым засушливым за последние десятилетия для двух стран, обеспечивающих основной объём воды, поступающей в реки Сырдарья и Амударья. Анализ данных был проведён доктором Эрин Мензис-Плуэр.

В сентябре 2025 г. Казахстан, Узбекистан и Кыргызстан договорились о «водно-электрическом обмене», в рамках которого Казахстан и Узбекистан должны были поставлять электроэнергию в Кыргызстан в зимний период, чтобы та могла ограничить производство гидроэлектроэнергии на Токтогульской плотине и сохранить воду для орошения низовьев в 2026 г.. Однако, как отмечается, из-за засушливых условий Кыргызстану, возможно, уже не хватает необходимого количества воды для выполнения этих обязательств при сохранении стабильного электроснабжения, а сезонный прогноз не предполагает поступления столь необходимой воды в ближайшее время.

Аналитики обращают внимание, что внутренние проблемы могут заставить Кыргызстан отдавать приоритет внутреннему спросу на воду. Указывается, что в 2010 г. в стране произошёл переворот, частично вызванный недовольством населением неэффективным управлением Токтогульского водохранилища. По сообщениям того времени, чиновники объясняли дефицит воды отключениями электроэнергии в разгар зимы, однако позднее выяснилось, что они тайно продавали электроэнергию соседним странам.

В сентябре нынешние киргизские чиновники начали управлять ожиданиями населения относительно зимнего энергоснабжения, предупреждая граждан о необходимости готовиться к возможным отключениям электроэнергии из-за низкого уровня воды. При этом отмечается, что призывы президента к экономии энергии в ноябре, по-видимому, не имели большого эффекта.

Как отмечают аналитики, неудивительно, что соседние страны, расположенные ниже по течению, были обеспокоены сообщениями о проблемах с водоснабжением в Кыргызстане. Сообщается, что Казахстан уже ограничивает выращивание риса в ожидании дефицита воды для орошения.

Хотя страны Центральной Азии договорились о распределении водных ресурсов рек Сырдарья и Амударья до октября 2026 г., погода будет определять, хватит ли воды всем участникам соглашения. Кыргызстану и Таджикистану необходима очень влажная зима, чтобы наполнить водохранилища, однако январь оказался более засушливым, чем обычно. Прогнозы показывают, что засуха, вероятно, продлится до мая.

Засушливые годы не исчезнут. Климатические прогнозы указывают на возможное небольшое увеличение среднегодового количества осадков в Кыргызстане и Таджикистане в течение следующих 10–25 лет, однако экстремально засушливые годы, подобные 2025 г., остаются вероятными.

Человеческий фактор также усложнит реакцию стран на изменения режима осадков. Экономика стран Центральной Азии развивается в сторону более широкого использования технологий и промышленной переработки, что потребует увеличения потребления электроэнергии и воды. Кроме того, по данным наблюдателей, после завершения строительства канала Кош-Тепа в Афганистане будет перехватываться пока неизвестное количество воды из Амударьи, что может ограничить её поступление в Узбекистан и Туркменистан, даже если Таджикистан направит воду вниз по течению.

Как отмечают эксперты, ни один из перечисленных факторов сам по себе не позволяет с уверенностью предсказать возможный конфликт. При этом подчеркивается, что Центральная Азия живёт в относительном мире с момента распада Советского Союза в 1991 г. Вместе с тем, дефицит воды

может стать испытанием для национальных и региональных подходов к поддержанию добрососедских отношений.

Аналитики отмечают, что пока остаётся открытым вопрос, достаточно ли прочны новые связи между странами Центральной Азии, чтобы выдержать последствия засухи; ответ на него покажет только время.

Война ставит водоснабжение Ирана на грань краха¹¹

Лаура Миллан и Эрик Ростон

Яркий огненный шар пронёсся по одному из тегеранских бульваров так стремительно, что люди сначала решили: это атака беспилотника. Но на видео нет взрыва – вместо него виден длинный огненный след там, где когда-то проходил канал.

В соцсетях появилось множество публикаций, на которых, как утверждается, видно, как горят дрены после того, как израильские авиаудары поразили нефтехранилища на окраинах Тегерана в минувшие выходные. Агентство *Bloomberg* не смогло независимо подтвердить подлинность этих видеозаписей.

Эти кадры стали наглядным и тревожным свидетельством состояния водохозяйственной системы Ирана, которая ещё до начала войны находилась в тяжёлом положении. В конце прошлого года Тегеран оказался на грани так называемого «Нулевого дня»: водохранилища, снабжающие город с населением около 9 миллионов человек, стремительно пустели. В ноябре президент страны Масуд Пезешкиан пошёл на беспрецедентный шаг, опубликовав видеобращение, в котором предупредил, что даже при введении нормирования воды жителям может потребоваться покинуть Тегеран, если в ближайшее время не начнутся дожди.

Война разворачивается в регионе с самым острым дефицитом воды в мире и одновременно в одном из наиболее пострадавших от климатических изменений.

¹¹ Источник: Laura Millan and Eric Roston. War Is Pushing Iran's Water Supply to the Brink of Collapse / <https://www.bloomberg.com/news/articles/2026-03-12/war-is-pushing-iran-s-water-supply-to-the-brink-of-collapse> Опубликовано 12.03.2026

Проф. Сюзанна Шмайер, специалист по сотрудничеству, праву и дипломатии в области водных ресурсов из IHE Delft, Нидерланды, на протяжении многих лет изучающая водный кризис в Иране, отмечает, что страна уже не располагает достаточными возможностями для адаптации к воздействиям изменения климата на водные ресурсы.

С 2020 г. страна переживает самую сильную засуху за всю историю наблюдений. По данным *World Weather Attribution* – научной группы, которая количественно оценивает влияние выбросов парниковых газов на экстремальные погодные явления – вероятность лет с крайне низким количеством осадков сегодня примерно в десять раз выше, чем в доиндустриальную эпоху.

Последствия глобального потепления усугубляются десятилетиями неэффективного управления водными ресурсами со стороны Иранских властей, водоёмкой сельскохозяйственной политикой и санкциями, которые затрудняют импорт материалов, необходимых для поддержания водохозяйственной инфраструктуры.

Заместитель директора Центра по климату и безопасности Том Эллисон, входящего в состав НПО «*Council on Strategic Risks*» (*Совет стратегических рисков*) в Вашингтоне, отмечает, что Иран уже на протяжении десятилетий сталкивается с водным кризисом. По его словам, независимо от исхода нынешнего конфликта, ситуация с водой в стране будет ухудшаться.

По словам аналитика по вопросам водной безопасности Лиз Сакко-сия из некоммерческой организации «*World Resources Institute*», Иран занимает 14-е место в мире по уровню водного стресса. Более 4/5 примерно из 93 млн жителей страны сталкиваются с чрезвычайно высоким уровнем водного стресса.

По словам Свати Вееравали, члена консультативного совета Центра по климату и безопасности, в последние годы Иран и другие страны Персидского залива пытаются решать проблему дефицита воды за счёт строительства централизованных систем на базе крупных инфраструктурных объектов, таких как плотины и опреснительные установки. По её мнению, это позволило городам региона расти далеко за пределы их экологических возможностей.

Она также подчеркивает, что питьевая вода остаётся наиболее серьёзной стратегической уязвимостью Ирана. Централизованные системы водоснабжения работают прекрасно, но лишь до тех пор, пока не становятся единственной точкой, от которой зависит всё – что, по её оценке, и происходит в настоящее время.

7 марта была совершена атака на иранскую опреснительную станцию на острове Кешм. В ответ Иран нанес удар по водохозяйственному объекту в Бахрейне, что усилило опасения относительно возможных масштабных атак на водную инфраструктуру региона. США отвергли обвинения Ирана в причастности к атаке на Кешм.

Более 40 % мировых мощностей по опреснению воды сосредоточено на Ближнем Востоке. Однако, в отличие от других стран региона, Иран получает из опреснительных установок лишь небольшую долю питьевой воды – около 3 %. Для сравнения, в Саудовской Аравии на них приходится более половины водоснабжения, а в Кувейте – около 90 %.

После революции 1979 г. Исламская Республика активно развивала водохозяйственную инфраструктуру, зачастую почти не учитывая эффективность её использования, несмотря на долгую историю инновационных практик управления водой в стране.

В последние десятилетия правительство продолжает строить новые объекты в рамках системы, характеризующейся неэффективным управлением, коррупцией и ситуативным планированием.

Контракты нередко получали союзники государства и структуры, связанные с военными – сеть, которая в Иране получила неофициальное название «водная мафия». Это выражение привлекло международное внимание в мае, когда Дональд Трамп использовал его в своей речи в Эр-Рияде.

Международные санкции дополнительно усугубили ситуацию, ограничив участие транснациональных компаний и тем самым снизив уровень конкуренции.

Это означало, что многие проекты реализовывались без системного планирования. Профессор международных отношений Флоридского международного университета и научный сотрудник Фонда Карнеги за международный мир Эрик Лоб отмечает, что плотины и водохранилища не создавались в рамках единой национальной стратегии. По его словам, сегодня страна располагает разрозненной сетью таких объектов, многие из которых работают значительно ниже своей проектной мощности, в некоторых случаях более чем на 90 %.

Он также подчеркивает, что возникающие кризисы часто решаются краткосрочными временными мерами – например, доставкой воды в цистернах или раздачей бутилированной воды.

Дефицит воды в последние годы стала причиной протестов, особенно в таких регионах, как Хузестан – южная провинция страны, – а также в Исфахане, крупном городе в центральной части Ирана. В более широком смысле водные проблемы усилили общественное недовольство, которое

вылилось в масштабные антиправительственные демонстрации. По данным Агентства новостей правозащитников (правозащитной некоммерческой организации, базирующейся в США), в ходе этих протестов в январе погибли тысячи людей.

Около 90 % водных ресурсов в Иране потребляется в сельском хозяйстве, которое приобрело особое значение при нынешнем режиме, стремящемся обеспечить стране продовольственную самодостаточность. По словам исполнительного директора некоммерческой исследовательской организации «*Water Footprint Network*» Рика Хогебума, в стране выращиваются культуры, которые было бы более эффективно производить в других регионах мира и импортировать.

Сельское хозяйство также расширяется в некоторых из самых засушливых районов страны, где выращивание культур требует ещё большего объёма воды. Чрезмерное водопользование истощило подземные водоносные горизонты, привело к сокращению запасов подземных вод и, как следствие, вызвало просадку грунтов в Тегеране и других районах.

По словам Хогебума, ключевой вопрос заключается в том, как долго страна сможет удерживать ситуацию под контролем при ограниченных ресурсах. Он также отметил, что получение достоверных данных из Ирана затруднено. По его оценке, водный кризис представляет собой «многогранную и крайне сложную проблему».

Как бы долго ни продолжался конфликт, Иран выйдет из него менее подготовленным к борьбе с водным кризисом. По мере того, как регион выходит из сезона дождей и приближается летняя жара и засуха, над страной нависает тень 2023 г.: в августе того года в Иране был объявлен двухдневный выходной, поскольку температура достигла 50 °С.

Климатические прогнозы показывают, что при среднем сценарии глобального потепления в стране будет наблюдаться повышение температуры в течение всего года и сокращение количества осадков. Инвестиции в водохозяйственную инфраструктуру и планирование мер по адаптации остаются критически важными, но фактически недостижимыми.

«Правительство ведёт войну, при этом сталкиваясь с серьёзными проблемами управления и не имея доступа ни к технологиям, ни к финансированию, необходимым для адаптации», – отмечает Шмайер. – «Всё это только ухудшает положение».

Америка

Прореживание лесов увеличивает снежный покров и водные запасы в горах¹²

Санджана Гаджбие

Снег в горах зимой не только покрывает ландшафт, но и выполняет функцию естественного водохранилища. С повышением температуры весной и летом тающий снег питает реки и ручьи, которые, в свою очередь, снабжают водой леса, фермы и населённые пункты.

В штате Вашингтон восточная часть Каскадных гор играет ключевую роль в этой системе, однако изменение климата начинает нарушать её целостность. Зимы становятся теплее, снежный покров уменьшается, а леса – более уязвимыми к лесным пожарам.

В настоящее время лесохозяйственные органы сталкиваются с необходимостью не только защищать леса от пожаров, но и сохранять снег, который обеспечивает водой бассейн реки Якима.

Исследователи из Вашингтонского университета и организации *The Nature Conservancy* сообщили, что поставили перед собой задачу выяснить, может ли управление лесными ресурсами помочь одновременно в решении обеих проблем.

Согласно результатам исследования, тщательное прореживание лесных массивов может снизить риск лесных пожаров и способствовать накоплению большего количества снега.

Вода в горном снегу

Снег в горах выполняет важную роль, так как служит хранилищем воды для центральной части штата Вашингтон. В зимний период он скапливается в Каскадных горах и медленно тает весной, постепенно питая реки и ручьи на протяжении нескольких месяцев.

¹² Источник: Sanjana Gajbhiye. Forest thinning boosts mountain snowpack and water supplies / <https://www.earth.com/news/forest-thinning-boosts-mountain-snowpack-and-water-supplies/> Опубликовано 4.03.2026

Бассейн реки Якима в значительной степени зависит от этого снега: примерно 75% воды в регионе поступает из горных снегов, от которых зависят фермы, населённые пункты и местная дикая природа.

Снежный покров также важен для лесов и экосистем. Он сохраняет почву влажной, способствует росту растений и обеспечивает стабильное течение ручьев, благодаря чему рыба и другие водные животные могут выживать.

Однако изменение климата приводит к сокращению количества снега. Более тёплые зимы вызывают увеличение дождей и уменьшение снегопадов.

Исследователи прогнозируют, что снежный покров в Каскадных горах может сократиться примерно вдвое в течение следующих семидесяти лет. С уменьшением количества снега в засушливые летние месяцы будет меньше доступной воды.

Рост активности лесных пожаров

В западных штатах США лесные пожары становятся всё масштабнее и происходят чаще. Жаркая погода и сухие леса создают условия, которые облегчают возникновение пожаров и затрудняют их тушение.

Исследователи прогнозируют рост активности лесных пожаров. Климатические исследования показывают, что площадь, выгоревшая в результате лесных пожаров в этом регионе, может значительно увеличиться в ближайшие десятилетия.

Лесные пожары также оказывают влияние на снег. После пожара на снег часто выпадает темный пепел и обгоревшие остатки. Эти тёмные поверхности поглощают больше солнечного света, чем чистый снег, что ускоряет его таяние.

При этом уменьшение снежного покрова делает леса более сухими и уязвимыми к возгораниям. По этой причине лесные пожары и сокращение снега могут взаимно усиливать друг друга.

Прореживание лесов снижает риск пожаров

Лесохозяйственные работники уже применяют несколько методов для снижения риска лесных пожаров. Одним из распространённых подходов является прореживание лесных массивов: рабочие вырубают часть деревьев, чтобы лес не был слишком густым. Другой метод – контролируем-

мое выжигание, которое позволяет безопасно удалять сухую растительность.

Эти меры уменьшают количество растительности, которая может служить топливом для крупных пожаров, и помогают лесам возвращаться к более естественному состоянию.

При этом исследователи пока не до конца понимают, как именно такие методы влияют на снежный покров. Деревья взаимодействуют со снегом сложным образом, поэтому исследователи считают необходимым более тщательно изучить эту взаимосвязь.

Исследование лесов в восточной части Каскадных гор

Исследователи изучали леса на хребте Кле-Элум в восточной части Каскадных гор. Этот район, расположенный в верховьях бассейна реки Якима, играет важную роль в хранении снега.

В рамках исследования группа провела прореживание деревьев на площади около 150 акров. В некоторых участках леса прореживание было минимальным, а в других удалили больше деревьев, что позволило создать различные условия, которые учёные могли сравнить.

Затем эксперты измерили количество снега зимой 2023 г. и сравнили его с уровнем снега до начала прореживания.

Для изучения местности группа исследователей использовала несколько инструментов. Камеры с функцией замедленной съемки отслеживали глубину снега на протяжении всей зимы. Кроме того, исследователи применяли лидар – технологию лазерного картографирования, позволяющую создавать подробные трёхмерные карты лесов и снежного покрова. Эти инструменты помогли учёным понять, как структура леса влияет на накопление снега.

Влияние деревьев на снег

Деревья влияют на снег двумя важными способами. Ветви могут задерживать падающий снег до того, как он достигнет земли. При этом снег, остающийся на ветвях, часто быстро тает или испаряется.

В то же время деревья могут способствовать более длительному сохранению снега, обеспечивая тень. Тень защищает снег от прямых солнечных лучей и замедляет его таяние.

Старший автор исследования Джессика Лундквист, профессор гражданского и экологического строительства Вашингтонского университета, объяснила, что деревья одновременно могут уменьшать снежный покров, задерживая снег на ветвях, и сохранять его, создавая тень. Она отметила, что основной эффект зависит от зимних температур, а Каскадный хребет возле Кле-Элума находится на границе, где влияние деревьев меняется: в этих условиях деревья перестают уменьшать количество снега и начинают его удерживать.

Поскольку деревья могут как блокировать, так и защищать снег, структура леса оказывает значительное влияние на количество снега, остающегося на земле.

Прореживание увеличивает снежный покров

Прореживание лесных массивов привело к увеличению снежного покрова. На северных склонах снег увеличился примерно на 30%, а на южных – примерно на 16%.

Исследователи объясняют это тем, что просветы в кронах деревьев позволяли снегу свободнее падать на землю. Они также подсчитали, сколько воды содержал этот снег. Согласно их оценкам, прореживание добавило около 12,3 акрофутов воды на 100 акров на северных склонах и около 5,1 акрофутов на 100 акров на южных склонах.

Это увеличение воды способствует поддержанию влажности почвы, рек и экосистем в регионе.

Оптимальные лесные просветы для снега

Исследователи обнаружили, что расстояние между деревьями играет важную роль для накопления снега. Наибольший снежный покров формировался на лесных просветах шириной от 4 до 16 м.

Согласно наблюдениям учёных, такие небольшие просветы позволяли снегу достигать земли, в то время как соседние деревья создавали тень. В густых лесах снег задерживался слишком сильно, а в очень больших открытых пространствах он мог таять быстрее.

Этот баланс между солнечным светом и тенью создаёт оптимальные условия для сохранения снежного покрова.

Необходимость улучшения коммуникации между специалистами

Исследователи подчеркнули необходимость улучшения коммуникации между специалистами, работающими с лесами и снегом. По словам исследователей, эксперты в этих областях часто «говорят на разных языках», поскольку учитывают различные факторы при решении вопросов, например, стоит ли вырубать то или иное дерево.

Было отмечено, что одной из важных задач является обеспечение того, чтобы все специалисты понимали друг друга и действовали согласованно. По их мнению, совместные исследования, подобные этой статье, являются шагом к улучшению коммуникации.

Более тесное сотрудничество между лесохозяйственными специалистами и экспертами по снежным покровам могло бы помочь в разработке планов управления лесами, которые одновременно защищают леса и водные ресурсы.

Одно решение для двух проблем: леса и вода

Результаты исследования вселяют оптимизм: прореживание лесов может одновременно снизить риск лесных пожаров и увеличить запасы снега.

Старший исследователь Лумбразо отметил, что исследование показывает – снижение риска лесных пожаров и защита водных ресурсов не обязательно являются противоречащими целями.

Исследователи подчеркнули, что по мере продолжения воздействия изменения климата на горные районы стратегии управления лесами, направленные на защиту как лесов, так и водных ресурсов, будут приобретать всё большее значение.

По их мнению, осторожное прореживание лесных массивов может помочь сохранить снежный покров, поддержать русла рек и уменьшить ущерб от лесных пожаров в регионе.

Управление изменчивостью осадков с помощью аккумулирующих резервуаров на фермах¹³

Кэти Наварра

Системы рециркуляции дренажных вод собирают сток в начале сезона и используют его повторно позже, что позволяет агропроизводителям адаптироваться к изменяющимся режимам выпадения осадков и сохранять экономическую эффективность производства.

Рециркуляция дренажных вод для орошения не является новой практикой в засушливых регионах, однако изменение климатических тенденций расширяет её применение в зонах, которые традиционно не сталкиваются с проблемой дефицита водных ресурсов.

Инженер-строитель Спенсер Печ, сотрудник и совладелец компании *ISG*, отметил, что проблема заключается не в общем количестве осадков в этих районах, а в несоответствии их распределения потребностям сельскохозяйственных культур. Он пояснил, что в начале года наблюдается избыточное количество осадков, что вызывает интенсивный дренаж, тогда как позднее вегетационный период характеризуется дефицитом влаги, что приводит к сложностям с обеспечением оптимального поливного режима.

В октябре 2025 г. *Фонд защиты окружающей среды (EDF)* опубликовал доклад «Экономический анализ рециркуляции сточных вод», в котором показано, что внедрение рециркуляционных систем может быть экономически эффективной стратегией, позволяющей агропроизводителям удовлетворять водные потребности сельскохозяйственных культур в условиях экстремальных гидрометеорологических явлений.

Май Лан Хоанг, старший научный аналитик группы по климатически оптимизированному сельскому хозяйству *Фонда защиты окружающей среды*, отметил, что рециркуляция дренажной воды решает одну из наиболее серьезных проблем, с которой сегодня сталкиваются фермеры – нестабильность осадков. Она позволяет агропроизводителям аккумулировать избыточную дождевую воду и повторно использовать её позднее, превращая непредсказуемые осадки в управляемый ресурс. По его словам, рециркуляция опирается на существующие дренажные системы для повышения

¹³ Источник: Katie Navarra. Manage precipitation volatility with on-farm storage / <https://irrigationtoday.org/news/manage-perception-volatility-with-on-farm-storage/> Опубликовано 2.03.2026

устойчивости и способствует адаптации ферм и сельских сообществ к изменяющимся погодным условиям.

Эффективность рециркуляции дренажной воды для различных сельскохозяйственных культур

Ранние исследования сосредоточили внимание на целесообразности внедрения системы рециркуляции дренажной воды на традиционных полевых фермах Среднего Запада США. По словам Спенсера Печа, экономическая эффективность таких инвестиций особенно высока для высокодоходных культур. Современные исследования показывают, что хозяйства с площадями 30–40 акров получают значительную экономическую выгоду от внедрения рециркуляционных систем. При этом Печ наблюдал успешное применение системы одним из производителей попкорна в Айове, который выращивает кукурузу на меньших площадях, и отметил, что рециркуляция дренажной воды хорошо подходит для фермеров, работающих со специализированными культурами.

Основной экономический эффект рециркуляции дренажных вод проявляется через увеличение урожайности. В отчёте Фонда защиты окружающей среды (EDF) оценивается потенциальное повышение дохода от урожая примерно на 150 долларов США с акра в год. Помимо роста урожайности, рециркуляция дренажной воды может способствовать снижению эксплуатационных расходов, если ирригационная система одновременно обеспечивает внесение удобрений. Анализ EDF оценивает экономию до 20 долларов США с акра в год на затратах на оборудование и топливо.

Май Лан Хоанг подчеркнул, что такие достижения особенно важны в современных условиях, когда рентабельность фермерских хозяйств невелика, а погодная изменчивость возрастает.

Стоимость установки

Для фермеров, уже использующих системы орошения, переход на рециркуляцию дренажной воды может заключаться скорее в добавлении резервуаров для хранения воды, чем в полной замене оборудования. В таких хозяйствах обычно уже имеются центрально-поворотные ирригационные системы или другие установки, использующие воду из колодцев или подземных источников.

Спенсер Печ отметил, что наблюдается интерес к внедрению рециркуляционных практик именно в тех хозяйствах, где уже есть ирригацион-

ная инфраструктура и дренажные системы. В таких случаях в систему можно интегрировать дополнительное хранение воды – например, пруд или специализированный резервуар.

По его словам, создание пруда или аккумулирующего резервуара может стать ключевым фактором, ограничивающим проект: это выводит участок из-под сельскохозяйственной обработки, а выбор подходящего места требует тщательного планирования. В некоторых хозяйствах для этой цели подходят маргинальные или малопродуктивные участки, тогда как другим может потребоваться жертвовать более ценными землями, что напрямую влияет на экономическую окупаемость проекта.

По словам Май Лан Хоанг, общий анализ показывает, что стоимость проекта рециркуляции дренажной воды может варьироваться от 1,8 до 3,3 млн долларов США в зависимости от условий на участке и конструкции системы. Наибольшие статьи расходов составляют работы по модернизации дренажной системы, проектирование и строительство аккумулирующих резервуаров, а также внедрение ирригационных систем.

Спенсер Печ отметил, что для обеспечения экономической целесообразности большинства рециркуляционных систем аккумулирующих резервуаров требуется внешнее финансирование. Государственные организации, преследующие цели по улучшению качества воды или предотвращению наводнений, такие как департаменты сельского хозяйства штатов или программы Министерства сельского хозяйства США, часто частично покрывают капитальные затраты на строительство таких резервуаров и, в некоторых случаях, расходы на компоненты ирригации.

Хоанг добавил, что рециркуляция дренажной воды приносит пользу не только отдельным фермерским хозяйствам, поэтому государственные инвестиции имеют решающее значение для поддержки землевладельцев, внедряющих эту технологию. Кроме того, такие вложения могут способствовать улучшению качества воды в нижележащие водоёмы. По его словам, стратегия совместных инвестиций между землевладельцами, государственными программами софинансирования и водоотводными округами представляет собой наиболее эффективный подход к распределению затрат между всеми заинтересованными сторонами, получающими выгоду от рециркуляции.

Спенсер Печ отметил, что уникальность системы рециркуляции дренажной воды заключается в возможности демонстрации того, что внедрение этой природоохранной практики может приносить финансовую выгоду землевладельцу и производителю, а также документально подтвержденные преимущества для качества воды.

Он добавил, что рециркуляция дренажной воды на фермах способствует стабилизации урожайности за счёт улучшенного управления вод-

ными ресурсами как в засушливые, так и во влажные периоды, а также может оказывать положительное воздействие на окружающую среду в целом.

Май Лан Хоанг подчеркнул, что такая практика открывает возможности для стратегических государственных инвестиций, поскольку приносит пользу местным сообществам, особенно при внедрении передовых методов, таких как создание водно-болотных угодий для улучшения качества воды.

Европа

Европейская комиссия принимает меры в отношении Франции, Германии и Португалии за нарушения водного законодательства¹⁴

Кристина Ново

Европейская комиссия инициировала новые процедуры о нарушении законодательства в отношении Франции, Германии и Португалии в связи с недостатками в транспонировании и применении ключевых правовых актов ЕС в области водных ресурсов, подчеркнув при этом важность надлежащего соблюдения правил ЕС для обеспечения качества воды и укрепления устойчивости.

По информации источников, эти дела, объявленные в рамках мартовского пакета мер Комиссии по нарушениям, касаются Рамочной директивы по водным ресурсам и Директивы о питьевой воде – двух основополагающих актов экологического законодательства ЕС, направленных на защиту водных ресурсов и обеспечение граждан безопасной питьевой водой.

Франция: пробелы в оценке преобразованных рек

Комиссия инициировала процедуру о нарушении законодательства в отношении Франции в связи с неполным транспонированием некоторых положений Рамочной директивы по водным ресурсам. Директива обязывает государства-члены обеспечить, чтобы сильно изменённые водные объекты, такие как реки с гидроэлектростанциями, достигали хорошего экологического потенциала в установленные сроки. Для этого страны должны оценить экологическое качество этих водных объектов и определить меры, необходимые для улучшения их состояния.

¹⁴ Источник: Cristina Novo. European Commission takes action against France, Germany and Portugal over water legislation / <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/european-commission-takes-action-against-france-germany-and-portugal-over> Опубликовано 13.03.2026

По мнению Комиссии, французское законодательство не охватывает все элементы экологического качества, требуемые законодательством ЕС. В частности, оно недостаточно учитывает такие факторы, как состояние рыбных популяций и непрерывность речного стока, включая меры, позволяющие мигрирующим рыбам обходить препятствия вроде плотин. Это, как отмечается, может привести к неполной оценке экологического состояния сильно изменённых рек.

Франция получила официальное предупреждение и должна представить ответ в течение двух месяцев. Если ответ окажется неудовлетворительным, Комиссия может вынести мотивированное заключение.

Германия: проблемы с транспонированием Директивы о питьевой воде

Комиссия направила Германии официальное предупреждение в связи с ненадлежащим транспонированием пересмотренной Директивы о питьевой воде, которую государства-члены должны были внедрить до 12 января 2023 г.

Обновлённая директива направлена на повышение безопасности питьевой воды за счёт ужесточения стандартов качества и решения проблем, связанных с новыми загрязнителями, такими как вещества, нарушающие работу эндокринной системы, и микропластик. Она также включает положения, направленные на сокращение потерь воды в распределительных сетях, где в настоящее время в масштабах ЕС теряется около 23 % питьевой воды.

По мнению Комиссии, Германия не обеспечила надлежащее транспонирование ряда положений, касающихся оценки рисков и доступа общественности к информации, включая данные о мониторинге состояния водных ресурсов и о корректирующих мерах, принимаемых органами власти. У Германии есть два месяца на предоставление ответа на высказанные замечания.

Португалия: мотивированное заключение по поводу пересмотра разрешений на водопользование

В отношении Португалии Комиссия перешла к следующему этапу процедуры о нарушении, вынося мотивированное заключение по вопросу выполнения Рамочной директивы по водным ресурсам.

Законодательство ЕС обязывает государства-члены разрабатывать программы мер для каждого речного бассейна с целью обеспечения достижения водными объектами хорошего экологического состояния. Эти программы должны включать меры по контролю таких факторов воздействия, как водозабор, наполнение водохранилищ и диффузное загрязнение. Компетентные органы обязаны периодически пересматривать эти меры и соответствующие разрешения, чтобы гарантировать их постоянную эффективность.

По мнению Комиссии, португальское законодательство не предусматривает надлежащих требований к органам власти о проведении периодического пересмотра мер контроля, в частности тех, которые связаны с забором воды и другими видами деятельности, способными повлиять на состояние водных ресурсов.

В мае 2025 г. Португалии было направлено официальное предупреждение, и после рассмотрения ответа страны Комиссия пришла к выводу, что проблема остаётся нерешённой. Теперь у Португалии есть два месяца на принятие мер по исправлению ситуации; в противном случае дело может быть передано в Суд Европейского Союза.

Технологии

В России синтезировали криогель для очистки сточных вод¹⁵

Ученые Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) при поддержке программы «Приоритет-2030» синтезировали криогель на основе хитозана для практического применения в сфере водоочистки. Об этом сообщили ТАСС в пресс-службе вуза.

«Синтез криогелей проводили с применением криотехнологии, когда реакционную массу, содержащую биополимер и сшивающий агент, помещают в морозильную камеру и выдерживают при температуре от минус 19 до минус 80 градусов на протяжении нескольких суток, во время которых вода замерзает и сшивка биополимерных цепей происходит вокруг кристаллов льда», – рассказали в пресс-службе.

Там уточнили, что при этом замерзающая вода формирует макропористый каркас, который после оттаивания льда и удаления воды обеспечивает высокую механическую прочность, эластичность и проницаемость полимерного материала.

Ученые выявили, что рост пористости происходит с увеличением времени выдерживания и снижении температуры криообработки.

«По результатам лабораторных испытаний криогель показал высокую эффективность в связывании металлов, что обусловлено его развитой поверхностью и химической структурой. В дальнейшем планируются испытания адсорбента в динамическом режиме, когда очистка воды будет проводиться путем пропускания через слой сорбента», – приводит пресс-служба слова одного из разработчиков Александра Дранникова.

Ученый подчеркнул, что криогель открывает возможности для создания нового поколения сорбционных материалов, сочетающих высокую эффективность, экологическую безопасность и экономическую целесообразность, что делает их востребованными как для водоочистки, так и для перспективных разработок в области охраны водных ресурсов.

¹⁵ Источник: <https://tass.ru/nauka/26704949> Опубликовано 10.03.2026

Создан сенсор, сокращающий время анализа воды до 2 минут¹⁶

Исследователи Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова разработали уникальный сенсор, анализирующий воду по семи параметрам в течение двух минут вместо нескольких дней, которые требуются для исследования образцов в лаборатории. Об этом сообщил ТАСС Кирилл Лаптинский, научный сотрудник лаборатории адаптивных методов обработки данных Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына МГУ.

Основу датчика составляют полимерные углеродные точки – нанометровые структуры, состоящие из углерода, азота, кислорода и водорода. Поглощая направленный на них свет, они сами становятся мощными источниками излучения на другой длине волны. Это свойство, а также безопасность наночастиц для окружающей среды делают их перспективными для использования в составе сенсоров, реагирующих на содержание в жидких средах определенных элементов, изменения температуры, pH и других характеристик.

«Особенность нашего наносенсора заключается в том, что он способен работать в многокомпонентной среде. И если в лаборатории аналитической химии такой анализ может занять неделю или больше, то в нашем случае речь идет о получении качественной и количественной оценки на месте в течение нескольких минут. Проверяется содержание сразу семи компонентов: ионов меди, никеля, кобальта, свинца, алюминия, хрома и нитрат-иона», – сказал исследователь.

Для обработки собранной сенсорами информации авторы используют нейронную сеть, которая была обучена на специальной базе данных. Она учитывает физические процессы, которые происходят не только между датчиком и средой, но и между компонентами среды (ионами), что делает результаты более точными.

Контроль состава воды на заводе

Подобные датчики могут быть востребованы для сокращения сроков и стоимости промежуточного анализа технической воды на производствах или промышленных стоков, которые должны проходить несколько этапов

¹⁶ Источник: <https://tass.ru/nauka/26731935> Опубликовано 12.03.2026

очистки. Новый подход сократит затраты на оценку состава воды примерно в 18 раз, считают разработчики.

«Такие датчики можно встроить в автоматизированную систему, которая, к примеру, должна раз в час отбирать воду, используемую в рамках определенного технологического цикла. За несколько минут можно будет понять, можно ли эту воду сливать в следующий чан, где концентрация ниже, или необходимо доочистить», – пояснила руководитель лаборатории лазерной спектроскопии наносистем в жидких средах физического факультета МГУ Татьяна Доленко.

Светящиеся сенсоры могут быть востребованы и в других областях – для проверки герметичности и уровня давления в трубопроводах, используемых в нефтяной или коммунальной сферах.

Результаты совместной работы сотрудников лаборатории лазерной спектроскопии наносистем в жидких средах физического факультета и лаборатории адаптивных методов обработки данных НИИЯФ МГУ опубликованы в журнале *Scientific Reports*. Исследование поддержано грантом Российского научного фонда.

Нулевой сброс: новая технология очистки снижает нагрузку на водные экосистемы¹⁷

АО «ВТИ» разработало и апробировало комплексную технологию очистки сточных вод, соответствующую принципам нулевого сброса (*Zero Liquid Discharge, ZLD*). Решение ориентировано на предприятия, работающие в условиях ужесточения требований к сбросам в водные объекты рыбохозяйственного значения.

Технология позволяет существенно снизить нагрузку на водные экосистемы за счёт возврата очищенной воды в производственный цикл, тем самым уменьшая объёмы водопотребления.

Как отмечается, институт выполняет полный цикл работ – от анализа водопользования предприятия и выявления источников загрязнения до разработки технологических схем и их экспериментальной проверки. В рамках одного из реализованных проектов для энергообъекта, расположенного в бассейне реки высшей рыбохозяйственной категории, была со-

¹⁷ Источник: <https://nia.eco/2026/03/20/112465/> Опубликовано 20.03.2026

здана система, обеспечивающая достижение нормативов допустимых сбросов.

Разработка включала анализ водного баланса предприятия, идентификацию источников загрязняющих веществ, лабораторный подбор реагентов для удаления тяжёлых металлов и снижения жёсткости воды, а также проведение стендовых испытаний. В технологическую цепочку вошли реагентное осаждение, механическая фильтрация, мембранная очистка и термическая утилизация концентратов.

В результате очистки образуются твёрдые солевые продукты, а очищенная вода возвращается в производственный цикл. Такой подход соответствует международным практикам минимизации или полного исключения сбросов сточных вод и принципам циркулярной экономики.

По словам генерального директора АО «ВТИ» Ивана Болтенкова, разработанные решения позволяют энергетическим предприятиям привести показатели сбросов к требованиям рыбохозяйственных нормативов, одновременно снижая экологическую нагрузку и повышая эффективность использования водных ресурсов.

В компании отмечают, что внедрение подобных технологий позволяет предприятиям адаптироваться к изменениям экологического законодательства и снижать риски негативного воздействия на окружающую среду.

В КБР создали новый материал для очистки воды¹⁸

Новый материал для очистки воды для регионов, испытывающих дефицит чистой воды и не имеющих крупных промышленных центров, создали ученые Кабардино-Балкарского госуниверситета им. Х.М. Бербекова (КБГУ), сообщили ТАСС в учебном заведении.

«Секрет новой разработки – в особом полимере на основе полифениленсульфона (ПФСФ). В настоящее время на рынке нет полимерных мембран, устойчивых к такой обработке – пары воды при высокой температуре разъедают полимерные фильтры. Российская разработка, напротив, выдерживает более 300 часов паровой стерилизации, оставаясь пригодной для многократного использования. Но главное достоинство мембраны не только в долговечности. Она способна задерживать не только крупные ча-

¹⁸ Источник: <https://tass.ru/nauka/26815319> Опубликовано 19.03.2026

стицы, но и мельчайшие патогены – вирусы и бактерии, а также токсичные продукты их жизнедеятельности. При этом система не требует высокого давления», – рассказал ведущий научный сотрудник Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий КБГУ Илья Борисов.

Большая проблема водоочистных систем – биологическое зарастание. На поверхности фильтров оседают бактерии и вирусы, образуя биопленки, которые сводят на нет эффективность очистки. Менять картриджи часто – дорогое удовольствие, а химическая «чистка» вредит экологии. Обычная обработка паром могла бы стать оптимальным решением, так как этот метод не дорогостоящий, быстрый и без химикатов. Но здесь инженеры столкнулись с парадоксом: полимерные мембраны, используемые сегодня, попросту не выдерживают горячего пара. Он их разрушает.

Решение этой проблемы нашли ученые КБГУ в сотрудничестве с коллегами из Института нефтехимического синтеза. Материалу, который они создали, высокотемпературная влажная обработка не страшна.

«Разрабатываемая нами технология нужна в регионах, где существует дефицит чистой воды. Технология ультрафильтрации с применением новой мембраны предполагает небольшие затраты на создания давления в системе (до трех бар). Такое решение особенно эффективно в регионах, где нет крупных промышленных очистных сооружений», – добавил Борисов.

Исследователи готовятся к серии длительных экспериментов, чтобы точно определить максимальный срок службы новых фильтров. Работы ведутся при финансовой поддержке Российского научного фонда.

Разработан уникальный ионный насос для опреснения воды¹⁹

Команда ученых из Израиля и США разработала инновационную мембрану – ионный насос на основе эффекта храповика, который управляет движением заряженных молекул с помощью низковольтного сигнала с быстрым переключением. Устройство не имеет движущихся частей и не требует химических реакций. Области применения включают опреснение воды, извлечение ионов лития из морской воды и создание биомедицинских устройств.

¹⁹ Источник: <https://hightech.plus/2026/03/18/razrabotan-unikalnii-ionnii-nasos-dlya-opresneniya-vodi> Опубликовано 18.03.2026

Управление движением заряженных молекул в жидкостях имеет фундаментальное значение для различных биологических и промышленных процессов от работы клеток до очистки воды. До настоящего времени большинство разработанных ионных насосов основывались на энергоемких электрохимических процессах, которые накладывают значительные ограничения на эффективность и требуют сложных и часто дорогостоящих химических реакций.

В отличие от традиционных электрохимических методов, требующих сложных и энергоемких процессов, новый подход ученых из Университета Тель-Авива и Калифорнийского университета в Ирваине использует уникальные свойства границы раздела металла и электролита. Быстро переключая напряжение между ультратонкими металлическими слоями на пористой изолирующей мембране, устройство создает устойчивый направленный поток ионов.

Новый ионный насос действует как светофор для молекул, используя мембрану с нанопорами, расположенную между двумя слоями сверхтонкого металла. Основным механизмом работы устройства – неравномерные процессы зарядки и разрядки на границах двух металлических слоев и электролита, создающие разность потенциалов между отсеками раствора по обе стороны мембраны. Это напряжение и управляет ионным потоком без потребности в электрохимических реакциях.

«Храповые механизмы – это неравновесные устройства, использующие управляемые во времени входящие сигналы и пространственную асимметрию для создания стабильного потока частиц, – сказал Шейн Ардо, один из исследователей. – Сочетание структурной асимметрии и уникальных наноразмерных свойств границ раздела металл-электролит обеспечивает необходимые условия для работы храпового механизма».

В качестве демонстрации возможностей исследователи создали систему опреснения с 50% удалением соли при крайне низком напряжении. Устройство поддерживает стабильный поток частиц даже при воздействии противоположных сил за счет сочетания насоса с селективной мембраной, говорится в пресс-релизе.

Долгосрочная цель исследователей – сверхселективное разделение ионов с одинаковым зарядом на основе малых различий в их реакции на электрическое поле.

Потенциал изобретения охватывает извлечение ионов лития из морской воды, удаление тяжелых металлов из питьевой воды, переработка батарей, биомедицинские устройства.

Перевод: Усманова О., Юлдашева Г.

Верстка и дизайн: Беглов И., Дегтярева А.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz