



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

ВОДНЫЙ БАЛАНС:

мир в поисках равновесия



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2026

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Водный баланс: мир в поисках равновесия

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
Гибридный подход к изучению гидрологии верховьев рек	5
К концу века нехватка чистой воды может затронуть две трети населения Земли	14
ВОЗ обновила рекомендации по качеству питьевой воды	15
Спутниковые технологии совершенствуют системы мониторинга речного стока	16
Исследование: водный дефицит влияет на инвестиции и цепочки поставок	19
Средства остаются неосвоенными: почему более эффективное бюджетное планирование необходимо для решения водного кризиса	21
Азия	25
Индия приостановила обмен данными и проведение встреч Постоянной комиссии по водам Инда	25
Гаагский суд постановил, что Договор о водах Инда остается в силе, и обязал Индию приостановить ключевые строительные работы на плотине Ратле	28
Водонапорная башня Азии ежегодно теряет 24 млрд тонн подземных вод	29
Уроки восьми десятилетий управления водными ресурсами для будущего	31
Америка	38
Реки США меняются неожиданным для учёных образом	38
Уровень воды в двух крупнейших водохранилищах США достиг рекордно низких отметок	41

У США есть план спасения реки Колорадо. Эксперты считают, что его недостаточно для преодоления кризиса	45
Европа.....	52
Как Швейцария вместе с соседними странами управляет водными ресурсами	52
Что делает ЕС для решения проблемы растущего дефицита воды?	57
В Европе выявили засоление тысяч километров рек	65
Технологии.....	67
Редкие спутниковые данные НАСА выявили существенные ограничения моделей наводнений.....	67
Учёные создали фотокатализатор для очистки морской воды от компонента солнцезащитных средств.....	69
Искусственные «шары Нептуна» могут очищать воду от микропластика	72
Рисовую шелуху превратили в фильтр, который очищает воду от токсичных красителей	74

Глобальные вопросы

Гибридный подход к изучению гидрологии верховьев рек¹

Джон Хаммонд, Джей Кристенсен, Кристин Джагер,
Рой Сандо и Джейкоб А. Цварт

Скоординированный сбор имеющихся данных и применение моделей, сочетающих физические принципы с методами машинного обучения, могут существенно повысить точность прогнозирования речного стока в малоизученных верховьях рек.

Все реки Земли – от небольших ручьёв до крупнейших водных артерий – берут начало в верховьях, представленных небольшими водотоками, питаемыми дождевыми осадками, талыми и подземными водами. Эти ручьи переносят питательные вещества и наносы в более крупные водотоки, расположенные ниже по течению, обеспечивают важнейшую среду обитания для многочисленных видов и составляют более 70 % общей протяжённости мировой речной сети. Тем не менее они остаются одними из наименее изученных компонентов речных систем.

Недостаток данных отчасти объясняется тем, что гидрологические посты, используемые для измерения расхода воды, непропорционально часто размещаются на крупных реках с постоянным стоком. В результате верховья рек в значительной степени остаются без систематического мониторинга.

Более тщательное документирование и понимание процессов, происходящих в этих системах, могут повысить точность прогнозирования последствий изменений режима осадков и сроков снеготаяния для населённых пунктов, которые уже сталкиваются с беспрецедентными рисками, включая экстремальные наводнения, засухи и разрушение зданий. Это также может повысить точность оценки доступности водных ресурсов для планирования сельскохозяйственного производства, определения экологических потребностей в воде и управления качеством воды в нижнем течении рек.

¹ Источник: John Hammond, Jay Christensen, Kristin Jaeger, Roy Sando and Jacob A. Zwart. A Hybrid Approach for Revealing Headwater Hydrology / <https://eos.org/opinions/a-hybrid-approach-for-revealing-headwater-hydrology> Опубликовано 5.08.2026

Новые методы мониторинга, позволяющие выявлять наличие воды и оценивать расход воды, начинают восполнять пробелы в данных о верховьях рек. Сочетание таких наблюдений с новыми гибридными подходами к моделированию, объединяющими компоненты физических моделей с методами машинного обучения, основанными на данных, может значительно улучшить как понимание процессов, происходящих в верховьях рек, так и точность прогнозирования доступности водных ресурсов в этих районах.

До недавнего времени прогресс в этой области в значительной степени сдерживался трудностями интеграции разрозненных данных наблюдений и налаживания взаимодействия между научными сообществами, занимающимися наблюдениями и моделированием. Однако появление новых инструментов и скоординированные исследовательские усилия помогают преодолеть эти ограничения.

Преодоление разрыва между данными и моделями

Современные исследования гидрологии верховьев рек развиваются по двум в значительной степени параллельным направлениям. Расширяющиеся сети наблюдений, включая программы гражданской науки и коллективных научных исследований, а также недорогие системы камер и датчиков, позволяют документировать продолжительность и периодичность водного стока в верховьях рек, а в некоторых случаях – приблизительный уровень воды и расход воды. В то же время всё более сложные физически обоснованные модели позволяют моделировать речной сток, динамику снежного покрова и запасы подземных вод, используя в качестве входных данных метеорологические данные высокого пространственного разрешения.

Однако моделирование гидрологических процессов в верховьях рек по-прежнему ограничено пространственным разрешением оценок осадков и снеготаяния, поскольку небольшие водотоки реагируют на пространственную изменчивость погодных условий, которая часто не отражается в имеющихся метеорологических данных. Ограничивающим фактором также остаётся низкое пространственное разрешение данных о почвах и геологических характеристиках, определяющих особенности ландшафта и влияющих на формирование речного стока. Устранение этого несоответствия пространственных масштабов позволило бы повысить точность моделирования процессов в верховьях рек.

Физически обоснованные модели позволяют учитывать динамику водных ресурсов и водный баланс в пределах водосборного бассейна, обеспечивая прозрачность расчётов и их физическую связь с фундаментальными законами природы. Однако они часто не способны адекватно учитывать мелкомасштабную прерывистость речного стока и экстремаль-

ные условия в небольших водосборных бассейнах. Кроме того, такие модели нередко опираются преимущественно на данные гидрологических постов и не учитывают нерегулярные и пространственно неоднородные данные различных типов, получаемые в результате наблюдений в верховьях рек.

Модели искусственного интеллекта и машинного обучения (МО), которые значительно повысили точность прогнозирования погоды, обеспечивают гибкость и позволяют выявлять сложные взаимосвязи непосредственно на основе данных. Однако большинство применений методов машинного обучения в гидрологии рек в значительной степени зависит от непрерывных рядов наблюдений за расходом воды, которые, как правило, ограничены в верховьях рек.

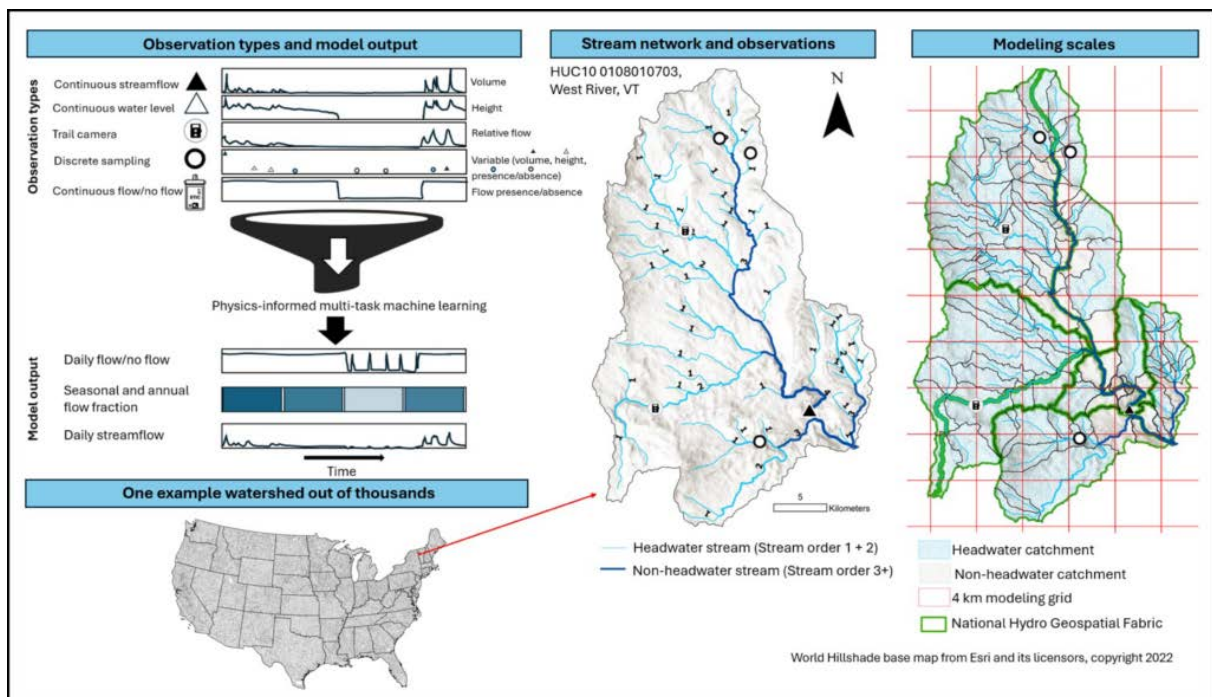
Целенаправленный сбор данных и моделирование показывают, что пересыхание водотоков в верховьях рек можно прогнозировать на региональном уровне при наличии соответствующих данных. Например, французская программа Observatoire National des Étiages (ONDE) координирует систематический мониторинг пересыхающих водотоков по всей Франции, формируя крупномасштабные наборы данных о наличии или отсутствии воды в водотоках. Эти данные использовались для оценки чувствительности речных систем к климатическим изменениям и детализации моделируемого речного стока.

Однако до настоящего времени масштабы таких усилий оставались ограниченными. Физически обоснованные модели и модели водосборных бассейнов, охватывающие территории более крупного масштаба, чем отдельные локальные исследования, редко учитывают данные о наличии или отсутствии стока либо данные гражданской науки, полученные в результате наблюдений за небольшими водотоками. Между тем модели машинного обучения обычно обучаются на непрерывных рядах данных гидрологических постов, игнорируя другие информативные данные, способные задавать дополнительные ограничения для моделей.

Несмотря на беспрецедентные возможности для моделирования и расширение массивов данных наблюдений, значительная часть имеющихся данных о верховьях рек остаётся фрагментированной и не используется в моделях. Основным препятствием являются не столько стоимость или технологическая готовность, сколько усилия, необходимые для интеграции разнородных наборов данных и объединения исследовательских сообществ, занимающихся наблюдениями и моделированием и исторически работавших отдельно. В результате мы по-прежнему сталкиваемся с трудностями при поиске ответов на фундаментальные вопросы о верховьях рек во многих водосборных бассейнах, например: «Имеется ли сток в водотоках в настоящее время?»

Использование доступных данных

Наиболее целесообразная возможность для более глубокого понимания гидрологии верховьев рек заключается не в создании совершенно новых систем непрерывного мониторинга расхода воды – уровня, которого, вероятно, невозможно будет достичь во всех системах верховьев рек, – а в интеграции уже собранных данных и рассмотрении различных типов наблюдений как взаимодополняющей информации.



На рисунке показаны различные типы наблюдений за расходом воды в верховьях рек, а также типы результатов моделирования с использованием машинного обучения, основанного на физических принципах (слева). Также показана сеть водотоков для примера водосборного бассейна (посередине) – водосборного бассейна реки Уэст-Ривер в Вермонте – и наложение единиц моделирования на сеть водотоков этого водосборного бассейна, включая Национальную гидрогеопространственную сеть (справа). Разнообразные типы наблюдений в сочетании с ограниченными данными непрерывного мониторинга помогают оценить продолжительность стока для всех сегментов сети. Щелкните изображение для увеличения

Гидрологические посты с непрерывной регистрацией расхода воды позволяют отслеживать полную временную динамику речного стока, в том

числе во время и после штормовых событий, показывая, как и когда расход воды увеличивается, достигает пиковых значений и снижается. Точечные измерения, напротив, служат опорой для построения гидрографов, позволяя количественно оценивать расход воды в ключевые моменты.

Программы гражданской науки документируют наличие или отсутствие воды во многих точках, используя наблюдения людей, проходящих или проезжающих мимо водотоков, либо недорогие датчики наличия или отсутствия воды. Системы на основе камер позволяют подтверждать прерывистость стока и после калибровки предоставляют информацию об относительном расходе воды в водотоках. Каждый набор данных является неполным и характеризуется определёнными компромиссами между пространственным охватом, временным разрешением и точностью измерений. Однако в совокупности эти данные позволяют гораздо полнее описать гидропериодичность (характер распределения дней в году, когда присутствует вода), связность и динамику стока, чем любой отдельный тип данных.

Помимо прямых сетей наблюдений, данные дистанционного зондирования – например, полученные в рамках миссий *Surface Water and Ocean Topography (SWOT)* – «Топография поверхностных вод и океанов» и *NASA-ISRO Synthetic Aperture Radar (NISAR)* – радиолокационная система с синтезированной апертурой *NASA-ISRO* – потенциально могут использоваться для косвенного мониторинга поверхностных вод в реках, особенно в труднодоступных районах. Уровень воды в верховьях рек часто ниже порога обнаружения современных спутниковых систем. Однако крупномасштабные закономерности изменения уровня воды в расположенных поблизости водоёмах могут отражать динамику стока в верховьях, предоставляя информацию о том, когда и где, вероятно, будет наблюдаться сток в водотоках верховьев рек.

Современные архитектуры машинного обучения позволяют одновременно обучаться на разнородных типах данных, учитывая различия в их пространственной плотности: от относительно небольшого числа дорогостоящих непрерывных измерений в отдельных точках до значительно более многочисленных точечных наблюдений, получаемых в рамках инициатив гражданской науки и зачастую представляющих собой единственный доступный источник информации о речном стоке в конкретном районе. Однако вместо того, чтобы заменять физически обоснованные модели подходами машинного обучения, эти два подхода можно объединить.

Гибридные подходы могут использовать результаты физических моделей, которые отражают интегрированное по водосборному бассейну состояние влажности, запасы талой воды и крупномасштабную климатическую изменчивость, но не позволяют точно прогнозировать сток в верхо-

вьях рек, особенно в периоды маловодья. В то же время компонент, основанный на данных, анализирует отклонения фактических данных о стоке в верховьях рек от оценок с низким пространственным разрешением, чтобы формировать уточнённые прогнозы на более детальном пространственном масштабе.

Гибридное моделирование уже продемонстрировало свою перспективность в других областях гидрологии, и его способность формировать высокодетализированные прогнозы для верховьев рек может быть непосредственно оценена. Такой подход позволяет интегрировать разнородные данные наблюдений, сохраняя при этом физическую обоснованность гидрологических расчётов.

На пути к гибриднему подходу

На начальном этапе реализации гибридного подхода к моделированию верховьев рек приоритет будет отдаваться технически осуществимым и непосредственно применимым показателям, а именно: ежедневной классификации водотоков по наличию или отсутствию воды, сезонному числу дней со стоком и продолжительности стока в течение года. Эти показатели гидропериодичности лежат в основе экологических процессов, оценки связности водосборных бассейнов и управления качеством воды – даже в тех случаях, когда величины расхода воды по-прежнему остаются неопределёнными.

Для прогнозирования характеристик стока в верховьях рек можно использовать несколько архитектур гибридных моделей. Физически обоснованные нейронные сети могут учитывать информацию о водном балансе, уделяя особое внимание более точному определению временных характеристик прерывистости стока. В качестве альтернативы методы машинного обучения на основе деревьев решений обеспечивают наглядную интерпретацию относительной значимости факторов окружающей среды, определяющих гидрологические процессы, и позволяют эффективно работать с разнородными типами данных.

Оба типа архитектур могут быть настроены для формирования классификационных результатов (например, наличие/отсутствие воды, категории продолжительности стока) и регрессионных результатов (например, величина расхода воды – в тех случаях, когда имеются надёжные данные).

По мере увеличения объёма собираемых данных и расширения массива доступных наблюдений тот же гибридный подход в дальнейшем сможет обеспечивать всё более сложные прогнозы расхода воды. Хотя конкретные архитектуры моделей, которые будут использоваться в будущем, пока не определены, работа по созданию совместимых наборов данных для

верховьев рек уже сегодня обеспечивает основу для того, чтобы будущие достижения в области моделирования могли быстро находить практическое применение.

Помимо прогностических возможностей, такие модели создают новые возможности для научных открытий. Например, интегрируя и анализируя разнородные наблюдения в различных климатических и геоморфологических условиях, модели могут выявлять доминирующие факторы, влияющие на прерывистость стока в верховьях рек – такие как засушливость, запасы подземных вод, растительный покров или антропогенные нарушения, – а также обнаруживать систематические ошибки в моделях водных ресурсов континентального масштаба.

От идеи к практической реализации

Координация сбора данных, стандартизация рабочих процессов и валидация моделей между федеральными агентствами, академическими исследователями и региональными организациями, занимающимися управлением водосборными бассейнами, могут эффективно перевести гибридный подход к моделированию верховьев рек от концептуальной идеи к практической реализации. Первым шагом на пути к его внедрению должно стать объединение многочисленных существующих наборов данных наблюдений.

На начальном этапе усилия можно сосредоточить на регионах, где уже имеются наблюдения за расходом воды и плотность наблюдений наиболее высока. Тихоокеанский Северо-Запад и верхняя часть бассейна реки Миссури, где в рамках проекта Геологической службы США «Вероятность постоянства речного стока» собраны обширные данные разовых наблюдений за расходом воды, а также водосборный бассейн Чесапикского залива, где были собраны сопоставимые данные, являются перспективными бассейнами для проведения пилотных исследований перед более широким применением этих методов.

Фундаментальная, но часто недооцениваемая проблема при работе в масштабах верховьев рек заключается в пространственной привязке данных. Руслу небольших водотоков, как правило, не совпадают точно с регулярной сеткой метеорологических данных, используемых в качестве входных данных для моделей, а также с моделируемыми единицами водосборов или картографическими гидрографическими данными. В некоторых регионах начала русел сезонно смещаются, а эфемерные притоки могут быть представлены на цифровых гидрографических картах непоследовательно.

Эти проблемы затрудняют непосредственный перенос результатов моделирования с низким пространственным разрешением на более мелкие пространственные единицы. Поэтому несоответствие пространственных масштабов между точками наблюдений, сеточными данными и моделируемыми пространственными единицами является одним из ключевых факторов, который необходимо учитывать в любой модели, применяемой к верховьям рек.

Валидация моделей верховьев рек могла бы включать сравнение их прогностических возможностей со стандартизированными физически обоснованными оценками периодов засухи и увлажнения, а также показателями гидропериодичности, охватывая как водотоки, оснащённые гидрологическими постами, так и водотоки без постов, и учитывая прогнозы текущих и будущих условий. Будущие условия можно было бы прогнозировать с использованием гибридных моделей, интегрирующих климатические прогнозы с пониженным пространственным разрешением и сценарии изменения землепользования и земного покрова, с последующим преобразованием ожидаемых изменений в режиме осадков, снеготаяния и растительного покрова в прогнозируемые изменения сроков и продолжительности стока в верховьях рек.

В качестве основных показателей для первоначальной реализации, опять же, следует сосредоточиться на базовом понимании и прогнозировании наличия или отсутствия речного стока, а также на прогнозировании сезонного или годового числа дней со стоком с приемлемой погрешностью (например, в пределах 20 %).

На последующих этапах реализации особое внимание можно будет уделить нескольким направлениям исследований. Например, совершенствование прогнозирования величины расхода воды в створах, не оснащённых гидрологическими постами, имеет решающее значение и потребует оценки того, насколько эффективно имеющиеся непрерывные измерения могут использоваться при обучении моделей машинного обучения и в каких случаях может потребоваться более плотная сеть наблюдений. Разработка методов количественной оценки неопределённости и представления информации об уверенности в прогнозах с учётом заданных пороговых значений надёжности, особенно при экстраполяции за пределы условий, использованных при обучении моделей, может способствовать повышению надёжности прогнозов. Стандартизация протоколов формирования разнородных наборов данных, включая процедуры контроля качества и представления метаданных, также может сыграть важную роль.

Использование ограниченных данных, совершенствование подходов и ускорение научных открытий в области моделирования верховьев рек могли бы получить значительный импульс благодаря сотрудничеству меж-

ду гидрологами, специалистами по моделированию подземных вод, специалистами в области информатики и социологами, работающими в разных научных дисциплинах и организациях. Например, хотя ключевая роль подземных вод в функционировании систем верховьев рек часто остаётся недостаточно изученной и не в полной мере учитывается в моделях, современные методы позволяют выявлять особенности поведения подземных вод в более мелких пространственных масштабах. Использование экспертных знаний в области подземных вод при разработке и настройке моделей может способствовать этому. Совместное использование инструментов и данных, проведение совместного обучения и создание площадок для сотрудничества могут помочь объединить эти направления и сформировать более сильные профессиональные сообщества.

У учёных уже имеются все необходимые компоненты для разработки эффективных моделей верховьев рек, включая физически обоснованные гидрологические модели, разнообразные сети наблюдений и мощные методы машинного обучения, способные интегрировать разнородные данные.

Недостаёт систематических междисциплинарных усилий по объединению существующих данных наблюдений за верховьями рек и внедрению гибридных моделей, способных преобразовывать эти данные в точные прогнозы. Координация таких усилий позволила бы использовать гидрологические характеристики верховьев рек как основу для прогнозирования, способствующего предотвращению рисков для уязвимых сообществ, расположенных ниже по течению, а также удовлетворению потребностей сельскохозяйственного планирования, определения экологических потребностей в воде и управления водными ресурсами.

К концу века нехватка чистой воды может затронуть две трети населения Земли²

К 2100 году серьезный недостаток пригодной для использования воды может затронуть почти 67 % жителей планеты. Такой результат получили ученые, объединив в расчетах не только доступные объемы воды, но и ее температуру, соленость, органические загрязнители и содержание фекальных бактерий, сообщает «Earth.com».

Исследователи считали ситуацию тяжелой, если в течение хотя бы одного месяца в году доступные ресурсы не позволяли обеспечить 30 % или более необходимого объема. При таком подходе вода, физически присутствующая в реке или другом источнике, не всегда считается доступной: она может оказаться слишком загрязненной, соленой или теплой для конкретной задачи.

Особенно заметно качество воды влияет на промышленность и тепловую энергетику. После включения соответствующих ограничений расчетный относительный дефицит для этих отраслей увеличился примерно на 20%. Существенную роль играет нагрев рек и других поверхностных источников: слишком теплая вода хуже подходит для охлаждения оборудования.

Одним из наиболее уязвимых регионов оказалась Африка южнее Сахары. В рассматриваемом сценарии бытовая потребность в воде там увеличивается на 1225 %, а совокупный разрыв между спросом и доступной чистой водой – почти на 2000 %. Неблагоприятные перспективы исследователи также отмечают для Ближнего Востока, где уже ограниченные водные ресурсы испытывают дополнительное давление.

При этом речь идет не о безусловном прогнозе будущего. Расчеты выполнены для одного из сложных вариантов развития, предполагающего сильный рост населения, сравнительно высокие выбросы парниковых газов, региональное соперничество и слабые возможности для адаптации. Другие социально-экономические и климатические траектории могут дать иные результаты.

У модели есть и дополнительные ограничения. В ней всем секторам предоставлен одинаковый приоритет при распределении воды, хотя в реальности власти нередко ставят бытовые нужды или сельское хозяйство выше других потребителей. Кроме того, не оценивались экологические по-

² Источник: <https://www.gismeteo.ru/news/science/k-koncu-veka-nehvatka-chistoj-vody-mozhet-zatronut-dve-treti-naselenija-zemli/> Опубликовано 10.08.2026

требности водоемов, тяжелые металлы, PFAS и пестициды, а подземные воды условно считались соответствующими требованиям качества. Недостаток глобальных данных о будущих очистных и опреснительных системах, переброске воды и размещении электростанций также вносит неопределенность в результаты.

Главный вывод работы заключается в том, что при оценке будущего водоснабжения нельзя ориентироваться только на количество ресурса. Даже при достаточном объеме вода может стать непригодной для питьевых нужд, сельского хозяйства, производства или охлаждения энергетического оборудования.

ВОЗ обновила рекомендации по качеству питьевой воды³

Всемирная организация здравоохранения опубликовала обновленные «Руководящие принципы по качеству питьевой воды», содержащие новейшие научные данные и практические рекомендации для стран по совершенствованию нормативно-правового регулирования, мониторинга и управления рисками.

Сегодня 2,1 миллиарда человек по-прежнему не имеют доступа к питьевой воде, прошедшей надлежащую обработку. В их числе 106 миллионов человек, которые употребляют воду непосредственно из рек, озёр и других поверхностных источников.

В Руководящих принципах особое внимание уделяется профилактическому подходу, основанному на оценке рисков и ориентированному на достижение целевых показателей в области здравоохранения, планирование мер по обеспечению безопасности воды и независимый мониторинг. В документе также подчеркивается важная роль правительств в создании нормативной базы, институтов и обеспечении ресурсов, необходимых для гарантирования безопасности питьевой воды.

В новом издании усовершенствованы рекомендации, касающиеся небольших систем водоснабжения, санитарных инспекций, микробного загрязнения и отдельных видов химических опасностей. В него также включены обновленные данные о патогенах, новых вирусах и пестицидах, ис-

³ Источник: WHO: Updated guidelines for drinking-water quality / <https://www.unwater.org/news/who-updated-guidelines-drinking-water-quality> Опубликовано 13.08.2026

пользуемых для борьбы с переносчиками инфекционных заболеваний, которые могут загрязнять питьевую воду.

Четвертое издание включает три дополнения и заменяет все предыдущие версии Руководящих принципов, в том числе издание, опубликованное в 2022 г.

Спутниковые технологии совершенствуют системы мониторинга речного стока⁴

Специалисты компании *Nivus*, специализирующейся на измерении расхода воды, разработали беспроводное решение для непрерывного мониторинга рек, отвечающее требованиям организаций, управляющих водными ресурсами, и регулирующих органов, таких как Агентство по охране окружающей среды Англии (Environment Agency, EA).

Используя спутниковые технологии, новый беспроводной метод измерения времени прохождения сигнала (Wireless Transit Time) позволяет избежать необходимости проведения на реках капитальных работ, требующих существенного вмешательства в их русло.

Измерения речного стока лежат в основе ряда ключевых функций Агентства по охране окружающей среды Англии, включая предупреждение о наводнениях, гидрологическое моделирование, прогнозирование и планирование, а также управление водохозяйственной инфраструктурой и лицензирование водозабора. Данные мониторинга речного стока также используются EA для отслеживания долгосрочных изменений в водосборных бассейнах и оценки последствий изменения климата.

Агентство по охране окружающей среды управляет примерно 7000 гидрологическими станциями мониторинга по всей Англии. На этих станциях собираются данные с высоким временным разрешением – преимущественно с 15-минутным интервалом – о речном стоке, уровне воды в реках, уровне подземных вод и количестве выпавших атмосферных осадков, а также данные, регистрируемые ежедневно.

Национальный советник по гидрометрии Агентства по охране окружающей среды Сэм Эверитт отметил, что измерение речного стока в Англии связано с целым рядом специфических трудностей. По его словам,

⁴ Источник: Satellite technology enhances river flow monitors / <https://www.watermagazine.co.uk/2026/08/14/satellite-technology-enhances-river-flow-monitors/>
Опубликовано 14.08.2026

мониторинг охватывает самые разные условия – от равнинных рек с медленной реакцией на гидрологические изменения до водосборных бассейнов, где во время штормов могут происходить резкие изменения расхода воды. Поэтому применяемые технологии мониторинга речного стока должны быть достаточно надежными и универсальными, чтобы обеспечивать стабильную работу в широком диапазоне гидрологических и русловых условий.

Агентство по охране окружающей среды использует различные методы измерения расхода воды, при этом метод измерения времени прохождения сигнала уже несколько десятилетий применяется для мониторинга относительно чистых рек. Традиционно основным недостатком этого метода была необходимость прокладки кабелей через русло реки или под ним.

Мониторинг расхода воды методом измерения времени прохождения сигнала

Этот стандартизированный метод измерения расхода воды, соответствующий стандарту ISO 6416, основан на высокоточном измерении времени прохождения акустических сигналов в направлениях вниз и вверх по течению. Датчики устанавливаются на обоих берегах реки, что позволяет использовать различие в скорости распространения звуковых сигналов: по течению сигнал распространяется быстрее, чем против течения. Один датчик передает сигнал в направлении вниз по течению, а датчик на противоположном берегу принимает его. Затем измерение повторяется в обратном направлении – для определения времени прохождения сигнала против течения.

Высокоточные значения скорости течения определяются на основе разницы во времени прохождения акустического сигнала по течению и против течения. Это позволяет получать осреднённую по измерительному сечению скорость потока, в отличие от методов, основанных на точечных измерениях скорости течения.

По сравнению с традиционными методами, такими как механические расходомеры, акустические доплеровские профилографы течений (ADCP) и методы с использованием трассеров, метод измерения времени прохождения сигнала обладает рядом преимуществ. Он обеспечивает непрерывные измерения, оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, не требует использования трассеров, взвешенных частиц или пузырьков, менее чувствителен к локальной турбулентности и смещению измерительного оборудования, обеспечивает высокую воспроизводимость результатов при определении общего объема стока и требует минимального технического обслуживания.

Объясняя преимущества своих мониторов времени прохождения сигнала, Алистер Маккиннон из компании Nivus отметил, что этот метод можно применять к руслам самых разных размеров, в том числе к рекам шириной до 200 метров. По его словам, для глубоких участков можно использовать несколько датчиков и сигнальных трактов. Кроме того, некоторые из этих сигнальных трактов могут быть резервными, что позволяет обеспечить работоспособность системы в случае неисправностей или возникновения препятствий.

К потенциальным недостаткам метода измерения времени прохождения сигнала относится его неприменимость для вод с высоким содержанием взвешенных твердых частиц или водорослей, а также для воды, содержащей пузырьки воздуха.

Метод измерения времени прохождения сигнала предполагает проведение чрезвычайно быстрых измерений (в наносекундном диапазоне) между датчиками, поэтому внутренние таймеры передатчика и приемников должны быть синхронизированы и обладать исключительно высокой точностью. По этой причине датчики, расположенные на обоих берегах, традиционно соединяются кабелями, проложенными через реку, что значительно увеличивает стоимость монтажа. Как правило, такая установка требует проведения строительных работ и прокладки подводных кабельных каналов по дну реки. Эти работы могут потребовать возведения временной плотины или отвода речного стока. Прокладка кабельных каналов может негативно воздействовать на речную экосистему, а после завершения монтажа такие каналы могут представлять опасность для людей. Кроме того, кабельные каналы и кабели могут быть повреждены во время экстремальных погодных явлений.

Решение Nivus WTT обеспечивает точность метода измерения времени прохождения сигнала, не имея при этом связанных с кабельной версией затрат и недостатков. Датчики WTT обмениваются данными через реку по Wi-Fi, а необходимую точность измерения времени обеспечивают за счёт синхронизации со спутниковой системой GPS, в которой используются атомные часы.

Устойчивое развитие стало одним из ключевых факторов при разработке решения Nivus WTT. Вся система может работать от солнечной энергии, обеспечивая автономное решение, которое можно развернуть практически в любом месте. Кроме того, для крепления берегового оборудования используются грунтовые винтовые сваи, что позволяет отказаться от бетонных оснований и упрощает последующий демонтаж.

Пример из практики: река Оуз, Великобритания

Недавно на реке Оуз в Баркомб-Миллс, недалеко от водохранилища Баркомб в Восточном Суссексе, была установлена система *Nivus WTT*. Новая система заменила вышедший из строя монитор времени прохождения сигнала (*Transit Time monitor*).

Агентство по окружающей среде Великобритании и его предшественник – Национальное управление по рекам – ведут мониторинг речного стока в этом месте уже более 30 лет. В прежней системе использовался поперечный трубопровод, проложенный по дну реки и закреплённый с помощью утяжелителей в виде глиняных трубных головок.

В районе Баркомб-Миллс ширина реки Оуз составляет около 20 м. По оценкам, стоимость установки системы *Nivus WTT* составит примерно 25% от стоимости традиционной системы с подводными кабельными каналами.

Исследование: водный дефицит влияет на инвестиции и цепочки поставок⁵

Дефицит воды к 2050 г. может снизить ВВП отдельных регионов на 6%, если страны не адаптируют системы управления ресурсами. К такому выводу пришли эксперты аналитического центра *Baikal Lobridge* в опубликованном на сайте компании докладе о влиянии трансграничных вод на экономическую устойчивость.

Авторы отмечают, что водный дефицит становится не только экологической, но и экономической проблемой. Он способен влиять на инфраструктурные проекты, производственные цепочки и инвестиционные решения, особенно в отраслях с высоким потреблением воды. В исследовании анализируются риски, связанные с управлением трансграничными водными ресурсами, а также существующие механизмы их регулирования.

Более 40% населения мира проживает в бассейнах трансграничных рек и озёр, а около 60% мировых потоков пресной воды приходится на трансграничные системы. Всего 153 государства имеют территорию как минимум в одном из 286 трансграничных речных и озёрных бассейнов и 592 трансграничных систем водоносных горизонтов. Это означает высо-

⁵ Источник: <https://www.vedomosti.ru/esg/reports/news/2026/08/24/1223151-issledovanie-vodnii>
Опубликовано 24.08.2026

кую зависимость стран друг от друга: решения одного государства по водозабору, строительству плотин или развитию ирригации могут отражаться на экономике соседей.

По оценкам международных организаций, около половины населения планеты уже испытывает дефицит воды хотя бы часть года, а к середине XXI века под влиянием роста спроса и климатических изменений зона водного стресса продолжит расширяться, отмечают эксперты. Наиболее уязвимы регионы, где сочетаются высокая плотность населения, быстрый экономический рост, ограниченные запасы пресной воды и зависимость от трансграничных источников. К ним относятся Ближний Восток, Северная Африка, Центральная и Южная Азия, отдельные районы Китая, Африки и западной части США. В этих регионах вода уже превращается в фактор, определяющий государственную политику, инвестиционные решения и модели экономического развития. Особенность текущей ситуации в том, что водный стресс больше не ограничивается развивающимися странами, считают авторы доклада. Крупнейшие экономики мира также сталкиваются с последствиями нестабильности водных ресурсов. Засухи в развитых индустриальных регионах способны нарушать производство электроэнергии, работу промышленных предприятий, транспортную инфраструктуру и сельскохозяйственный сектор. Это создает прямые риски для экономической устойчивости и требует пересмотра подходов к управлению водными ресурсами на национальном уровне.

В исследовании говорится, что водные риски уже влияют на инвестиционные решения. Компаниям и государствам необходимо учитывать доступность воды при выборе площадок для новых производств и инфраструктуры, особенно для долгосрочных проектов – изменения в водоснабжении могут сказаться на их экономике в любой момент эксплуатации. Дополнительный риск – износ водной инфраструктуры и нехватка финансирования. Это снижает надёжность подачи воды, увеличивает аварийность, создает перебои в работе предприятий и делает целые регионы менее привлекательными для инвесторов.

Трансграничный характер водных ресурсов дополнительно усложняет ситуацию. Несогласованность национальных режимов управления водой повышает затраты на соблюдение регуляторных требований, создает правовую неопределенность и затрудняет реализацию международных проектов. Главная проблема управления трансграничными водными ресурсами заключается в слабой способности существующих институтов учитывать растущую взаимозависимость стран, приходят к выводу эксперты Baikal Lobridge. Нужно создавать модель управления, которая бы позволила усилить практические механизмы: предварительную оценку трансграничных последствий проектов, обмен гидрологическими данными в реальном времени, учет водных рисков в корпоративном управлении, неза-

висимый мониторинг и раннее предупреждение, отмечается в исследовании.

Аналитический материал ориентирован на представителей бизнеса, инвесторов и государственных органов, которые принимают решения в сфере инфраструктуры, промышленной политики и управления ресурсными рисками, отметила старший партнер Baikal Lobridge Анастасия Цветкова, один из авторов доклада. «Его выводы могут использоваться для оценки водных рисков при реализации долгосрочных проектов и разработке стратегий их снижения», – добавила эксперт.

Средства остаются неосвоенными: почему более эффективное бюджетное планирование необходимо для решения водного кризиса⁶

Сародж Кумар Джа, Артуро Эррера Гутьеррес, Каушики Сингх

Вода является основой здоровья населения, производства продовольствия и энергетики, обеспечивающей функционирование предприятий. Кроме того, по оценкам, водные ресурсы обеспечивают занятость около 1,7 млрд человек во всем мире. Вместе с тем мир значительно отстает от графика достижения Цели устойчивого развития № 6, предусматривающей обеспечение всех людей безопасной водой и санитарными услугами к 2030 г. Дефицит финансирования в сфере водоснабжения, санитарии и гигиены (WASH) требует существенного увеличения государственных инвестиций. При этом даже выделяемые правительствами средства на нужды водоснабжения зачастую остаются неосвоенными.

Парадокс: неосвоенные средства на фоне дефицита финансирования

В отчете Группы Всемирного банка за 2024 г. «Финансирование будущего, обеспеченного водой» отмечается, что в период с 2009 по 2020 гг.

⁶ Источник: Saroj Kumar Jha, Arturo Herrera Gutierrez, Kaushiki Singh. Money on the table: Why better budget planning is key to fixing the water crisis / <https://blogs.worldbank.org/en/voices/Money-on-the-Table-Why-Better-Budget-Planning-IsKey-to-Fixing-the-Water-Crisis> Опубликовано 20.08.2026

уровень исполнения бюджета в водном секторе в среднем составлял лишь 72%. Это означает, что примерно 28 центов из каждого выделенного доллара оставались неосвоенными. В странах Африки к югу от Сахары этот показатель в среднем составлял около 62%. Таким образом, страны не только сталкиваются с дефицитом финансирования, но и не используют часть уже выделенных средств. В конечном счете последствия этого ощущают люди, которые по-прежнему не имеют надежного доступа к чистой воде.

Почему средства остаются неиспользованными?

Причины этой проблемы зачастую носят институциональный характер. Отмечается, что проекты по развитию водохозяйственной инфраструктуры терпят неудачу не из-за отсутствия заинтересованности со стороны правительств, а вследствие недостатка в секторе институтов, способных преобразовать долгосрочные цели в реализуемый и ограниченный по срокам комплекс мер. Подготовка проектов нередко ведется в спешке, а процедуры закупок требуют согласования с множеством ведомств, действия которых недостаточно скоординированы.

К моменту приобретения земельных участков, получения экологических разрешений и завершения процедур утверждения закупок в финансовом году зачастую остается слишком мало времени для реализации проектов. В результате неосвоенные средства возвращаются в казну, что приводит к задержкам в инвестировании в водохозяйственную инфраструктуру. Подчеркивается, что эта проблема не является характерной для какой-либо одной страны, а представляет собой системную трудность, с которой сталкиваются многие государства при преобразовании государственных инвестиций в конкретные результаты.

Выделение бюджетных средств – это не план, а лишь обязательство. Если за ним не стоит четко спланированная многолетняя программа, предусматривающая последовательное выполнение работ по подготовке участка, проектированию, закупкам и строительству, выделенные средства так и могут остаться неосвоенными.

Роль управления государственными финансами и инвестициями – и почему от них зависит инициатива «Water Forward»

В рамках инициативы «Water Forward» Группы Всемирного банка признается, что мобилизация дополнительных ресурсов – это лишь половина задачи. Другая заключается в том, чтобы обеспечить правительствам возможность эффективно использовать имеющиеся средства. Именно в

этом контексте решающую роль играют управление государственными финансами (PFM) и управление государственными инвестициями (PIM).

Система управления государственными финансами регулирует процессы планирования, распределения и расходования государственных средств, тогда как система управления государственными инвестициями охватывает выбор, подготовку и реализацию государственных инвестиционных проектов. При слабости этих систем – например, при отсутствии среднесрочного плана расходов и портфеля проектов, а также согласованности между целями сектора и годовыми бюджетами – даже хорошо финансируемому министерству водного хозяйства будет сложно преобразовать выделенные средства в объекты инфраструктуры. Функции управления государственными финансами и бюджетом на начальных этапах имеют важнейшее значение для последующего исполнения бюджета в водном секторе. При использовании концепции «Государственные расходы и финансовая подотчетность» (PEFA) надежность бюджета, а также основанные на политике фискальная стратегия и бюджетирование выделяются как два аспекта, наиболее тесно связанные с исполнением бюджета в водном секторе. При этом более сильная взаимосвязь наблюдается именно с фискальной стратегией и бюджетированием, основанными на политике.

Расходы на водохозяйственную деятельность являются капиталоемкими и характеризуются длительными циклами реализации проектов. При этом ключевое значение имеет реалистичность бюджетного планирования. Страны, которые включают расходы на водохозяйственную деятельность в целостные многолетние финансовые рамки и согласовывают бюджеты со стратегиями развития сектора, неизменно демонстрируют более высокие показатели исполнения бюджета. Одних дополнительных финансовых ресурсов недостаточно: без системы стратегического планирования выделенные средства не могут быть эффективно освоены. Поэтому укрепление системы управления, институциональной координации и согласованности политики в водном секторе имеет решающее значение для повышения эффективности исполнения бюджета.

Необходимость реформ

Хотя привлечение дополнительного финансирования по-прежнему имеет большое значение, более насущной и зачастую упускаемой из виду задачей является обеспечение возможности реализации существующих бюджетов. Устранение дефицита финансирования в водном секторе начинается с укрепления систем, позволяющих преобразовать выделенные средства в проекты, а проекты – в конкретные результаты. Это предполагает совершенствование среднесрочного планирования, формирование надежного портфеля проектов, подготовку инвестиционных проектов до

выделения финансирования, а также укрепление институтов, обеспечивающих увязку приоритетов сектора с государственными расходами. Страны, которым удастся согласовать бюджеты с долгосрочными отраслевыми стратегиями, имеют значительно больше возможностей для практической реализации своих обязательств в виде инфраструктуры и услуг.

Именно в этом, как отмечается, инициатива «Water Forward» может помочь перенести акцент с вопросов финансирования на вопросы реализации. В рамках иницилируемых самими странами «Водных соглашений» правительства, партнеры по развитию и инвесторы могут согласовать общую повестку реформ и инвестиций, объединив реформу политики, укрепление институтов, инвестиционное планирование и финансирование в единую систему. Благодаря совершенствованию подготовки проектов, координации и укреплению связи между приоритетами водного сектора и решениями в области государственных инвестиций такой подход может способствовать тому, чтобы ограниченные ресурсы не только предусматривались в бюджете, но и действительно осваивались.

Дополнительное финансирование, безусловно, имеет значение, однако именно тщательная подготовка, грамотное планирование и эффективное управление расходами позволяют преобразовать выделенные средства в услуги, на которые люди могут рассчитывать. Необходимые финансовые ресурсы зачастую уже имеются. Основная задача заключается в создании систем, способных эффективно использовать эти средства.

Азия

Индия приостановила обмен данными и проведение встреч Постоянной комиссии по водам Инда⁷

15 мая 2026 года Арбитражный суд, секретариат которого осуществляет Постоянная палата третейского суда (ППТС) в Гааге, вынес арбитражное решение по вопросу о «максимальном объёме регулируемого накопления воды» на западных реках бассейна Инда – то есть об объёме воды, который может временно накапливаться на расположенных выше по течению гидроэлектростанциях Индии для обеспечения их эксплуатационных нужд. Ранее Пакистан обратился в Арбитражный суд с просьбой рассмотреть вопросы толкования и применения Договора о водах Инда в отношении отдельных проектных характеристик гидроэнергетических объектов, строительство которых Индия вправе осуществлять в соответствии с Договором о водах Инда на реках Инд, Джелум и Ченаб, а также их притоках – совокупно именуемых «западными реками», – до того, как эти реки пересекают границу и входят на территорию Пакистана

В августе 2025 года ППТС уже установила, что Договор закрепляет общее правило, согласно которому Индия должна обеспечивать сток вод западных рек таким образом, чтобы Пакистан мог беспрепятственно использовать эти воды. Кроме того, на том этапе разбирательства Суд высказал ряд замечаний по техническим вопросам, связанным с проектированием гидроэнергетических объектов, которые должны обеспечивать такой «беспрепятственный» сток воды. Суд также сформулировал принципы расчёта «максимального объёма регулируемого накопления воды». На текущем этапе разбирательства Пакистан просил Суд рассмотреть дополнительные технические аспекты, касающиеся регулируемого накопления воды, – в частности, вопрос о том, каким образом при расчётах следует учитывать установленную генерирующую мощность и прогнозируемую нагрузку.

Таким образом, арбитражное решение, вынесенное 15 мая, дополняет ранее вынесенное в августе прошлого года решение по вопросам толкования положений Договора и содержит дополнительные разъяснения отно-

⁷ Источник: India pauses data sharing and meetings of the Permanent Indus Commission / <https://www.waterdiplomat.org/story/2026/07/india-pauses-data-sharing-and-meetings-permanent-indus-commission> Опубликовано 29.07.2026

сительно проектных характеристик таких гидроэнергетических объектов, в частности по вопросу об объёме регулируемого накопления воды.

Договор о водах Инда и более ранние споры

В соответствии с условиями Договора о водах Инда, подписанного в 1960 г., три восточные реки – Рави, Биас и Сатледж – были закреплены за Индией, а три западные реки – Инд, Джелум и Ченаб – за Пакистаном. Поскольку на западные реки приходится большая часть среднего стока речной системы, по общепринятым оценкам, около 80 % стока шести рек приходится на долю Пакистана. Вместе с тем сам Договор не устанавливает распределение вод в процентном выражении: он распределяет реки между двумя странами и определяет допустимые виды водопользования. При этом верховья Инда, Джелума и Ченаба расположены на территории Индии. Поэтому Договор предусматривает определённые ограничения на накопление и регулирование воды, орошение и строительство гидротехнических сооружений на верхних участках этих рек.

Разногласия по поводу толкования Договора продолжаются уже много лет. В 1988 г. Индия впервые уведомила Пакистан о своих планах по строительству Кишенгангской гидроэлектростанции (КГЭС). Практически сразу Пакистан выразил первоначальные технические возражения через Постоянную комиссию по Инду (ПКИ) – двусторонний орган, созданный для контроля за выполнением Договора. Поскольку сторонам не удалось достичь соглашения, с 1999 г. Пакистан начал направлять официальные возражения. В конечном итоге спор был передан на рассмотрение Арбитражного суда, который в 2013 г. разрешил Индии осуществлять отвод воды через Кишенгангский гидроузел, но обязал её обеспечивать минимальный сток ниже по течению.

В 2012 г. Пакистан высказал аналогичные возражения против проекта Ратле – гидроэлектростанции руслового типа, строительство которой Индия планировала на реке Ченаб. Пакистан утверждал, что предусмотренные проектом объём водохранилища и объём регулируемого накопления воды позволят Индии удерживать значительные объёмы воды. В 2016 г. Пакистан обратился в Арбитражный суд для рассмотрения спора по этому проекту, тогда как Индия предложила передать вопрос на рассмотрение нейтрального эксперта. Индия в то время не считала вопросы, касавшиеся проектов Ратле и Кишенганг, «спорами», подлежащими рассмотрению в арбитраже, а рассматривала их как «разногласия», которые должны разрешаться с привлечением нейтрального эксперта.

Со своей стороны, Индия оспорила юрисдикцию Арбитражного суда, заявив, что в соответствии с предусмотренной Договором процедурой вопрос сначала должен быть передан на рассмотрение Постоянной комис-

сии по Инду, затем – нейтральному эксперту и, наконец, в Арбитражный суд, если урегулировать его не удастся. Кроме того, 24 апреля, ссылаясь на инцидент, в ходе которого террористы убили 26 туристов в Дхамму и Кашмире, находящемся под управлением Индии, Дебашри Мукерджи, совместный секретарь Департамента водных ресурсов, развития рек и восстановления реки Ганга, уведомила своего пакистанского коллегу о том, что Индия временно приостанавливает действие Договора. По сути, Индия заявила, что международное сотрудничество в области совместного использования водных ресурсов не может продолжаться в условиях, когда против неё поддерживается насилие, и придерживается позиции, согласно которой приостановление действия Договора должно сохраняться до прекращения трансграничного насилия.

Пакистан, со своей стороны, придерживается позиции, согласно которой Договор остаётся в силе и является обязательным для исполнения. Эта позиция во многом соответствует выводам ППТС. В своём анализе, опубликованном в 2025 г., ППТС указала, что Договор «не предусматривает возможности его “приостановления” или “приостановки” ни в одностороннем порядке, ни по соглашению сторон». Таким образом, ППТС не рассматривала вопрос о том, вправе ли Индия в одностороннем порядке приостановить действие Договора. Она лишь установила, что сам Договор не содержит положения, предусматривающего такую возможность.

Пакистан, со своей стороны, придерживается позиции, согласно которой Договор остаётся в силе и является обязательным для исполнения – позиции, которая не слишком отличается от позиции ППТС. В своём анализе, опубликованном в 2025 г., ППТС указала, что Договор «не предусматривает его “приостановления” или “приостановки действия” ни в одностороннем порядке, ни по соглашению сторон». Поэтому ППТС не решала вопрос о том, вправе ли Индия в одностороннем порядке приостановить действие Договора, – она лишь указала на то, что Договор не содержит соответствующего положения.

Тем временем Индия приостановила обмен гидрологическими данными, а также проведение заседаний Постоянной комиссии по Инду. При этом, несмотря на нынешнюю напряжённость в отношениях между странами, Индия ещё с 2023 года заявляла о желании начать переговоры о пересмотре Договора. В качестве оснований для этого Индия указывает на существенные изменения в экономике и обществе, произошедшие с 1960 года, включая, в частности, демографические изменения, изменение климата и необходимость развития возобновляемой энергетики. Таким образом, в настоящее время позиция Индии основывается на трёх положениях: она считает, что Договор необходимо пересмотреть и внести в него изменения; приостановила действие действующего Договора; и не признаёт легитимность действующего механизма урегулирования споров. Поэтому,

позиция Индии, по-видимому, сочетает призыв к всеобъемлющему пересмотру и пересмотру условий Договора с её отказом на данном этапе участвовать в существующих институциональных механизмах, предусмотренных Договором.

**Гаагский суд постановил, что
Договор о водах Инда остается в силе,
и обязал Индию приостановить
ключевые строительные работы
на плотине Ратле⁸**

Арбитражный суд, рассматривающий дело о водах Инда и западных реках, постановил, что Договор о водах Инда 1960 года остается в полной силе, отклонив позицию Индии о приостановлении или прекращении действия Договора после ее заявления в апреле 2025 года о том, что соглашение находится «в режиме ожидания».

В параллельном постановлении, вынесенном в тот же день, Суд также ввел временные меры, запрещающие Индии продолжать бетонные работы сверх установленных уровней на плотине и водозаборе гидроэлектростанции Ратле на реке Ченаб до принятия решения нейтральным экспертом Договора.

Два решения – постановление о статусе Договора о водах Инда и постановление о временных мерах – были вынесены в рамках разбирательства, возбужденного Пакистаном против Индии на основании статьи IX и приложения G к Договору, в деле, которое находится на рассмотрении суда с 2016 года.

Фон

В августе 2016 года Пакистан инициировал арбитражное разбирательство по проектированию индийских гидроэлектростанций руслового типа на западных реках – Инде, Джелуме и Ченабе – с особым акцентом на электростанции Кишенганга и Ратле. Индия, со своей стороны, в том же году запросила отдельный процесс привлечения нейтрального эксперта

⁸ Источник: <https://www.newscentralasia.net/2026/09/02/hague-court-rules-indus-waters-treaty-remains-in-force-orders-india-to-halt-key-construction-at-ratle-dam/> Опубликовано 2.09.2026

для изучения технических вопросов по тем же двум проектам. Всемирный банк приостановил назначение экспертов по обоим направлениям в период с 2016 по 2022 год, после чего был сформирован суд и назначен нейтральный эксперт. Окончательное решение нейтрального эксперта по гидроэлектростанциям руслового и руслового типов ожидается не ранее июля 2027 года.

Водонапорная башня Азии ежегодно теряет 24 млрд тонн подземных вод⁹

Согласно новому исследованию, основанному на анализе спутниковых данных, запасы подземных вод в Высокогорных районах Азии (НМА), которые нередко называют «Водонапорная башня Азии», сокращаются с угрожающей скоростью. Исследователи отмечают, что этот регион играет ключевую роль в обеспечении водой сельского хозяйства, городов и природных экосистем более чем в десятке стран, расположенных ниже по течению. Поэтому состояние его водных ресурсов имеет большое значение для сотен миллионов людей. По оценкам учёных, ежегодное сокращение запасов подземных вод в регионе составляет около 24,2 млрд тонн. Такая динамика вызывает серьёзную обеспокоенность, поскольку подземные воды являются важнейшим источником пресной воды, особенно в условиях изменения климата и растущего спроса на водные ресурсы.

Исследование проводилось под руководством профессора Шудонга Вана из Института аэрокосмической информации Китайской академии наук (AIRCAS). Учёные стремились преодолеть два основных препятствия, которые затрудняют изучение подземных вод в регионе, – недостаток наземных данных и чрезвычайно сложный горный рельеф. Результаты работы были недавно опубликованы в научном журнале *Environmental Research Letters*.

Искусственный интеллект и спутниковые данные позволили проследить изменения за два десятилетия

Чтобы получить более точное представление о процессах, происходящих с подземными водами, исследователи разработали модель оценки на основе искусственного интеллекта (ИИ), объединившую данные наблю-

⁹ Источник: The “Asian water tower” is losing 24 billion tonnes of groundwater every year / <https://www.sciencedaily.com/releases/2026/08/260820002454.htm> Опубликовано 20.08.2026

дений нескольких спутников, результаты моделирования земной системы и методы объяснимого ИИ.

С помощью этого подхода учёным удалось проследить изменения запасов подземных вод в высокогорных районах Азии примерно за 20-летний период. Разработанная система также позволила выявить основные факторы, влияющие на динамику подземных вод, и оценить возможные риски, связанные с их изменением, в различных сценариях будущего.

Результаты исследования показали, что примерно на двух третях территории Высокогорных районов Азии (НМА) в период с 2003 по 2020 гг. наблюдалось сокращение запасов подземных вод. Наиболее значительные потери были зафиксированы в густонаселённых низовьях речных бассейнов, где сохраняется высокий спрос на воду для орошения. В частности, существенное сокращение запасов отмечалось в бассейнах Ганга – Брахмапутры, Инда и Амударьи. В то же время исследователи установили, что в некоторых внутренних районах, расположенных на значительных высотах, наблюдалось локальное увеличение запасов подземных вод.

Изменение климата и чрезмерное использование водных ресурсов приводят к их сокращению

Авторы исследования отмечают, что климатические факторы объясняют почти половину наблюдаемой изменчивости запасов подземных вод. При этом особенно значительную роль играют изменения, затрагивающие криосферу.

В то же время, по их оценке, антропогенное использование подземных вод становится всё более существенным фактором их истощения. Особенно это характерно для сельскохозяйственных регионов, расположенных ниже по течению и в значительной степени зависящих от орошения. Исследователи подчёркивают, что влияние антропогенного водопользования стало особенно заметным после 2010 г.

Исследователи также прогнозируют, что сокращение запасов подземных вод будет продолжаться, если нынешние модели водопотребления сохранятся. По их оценкам, в некоторых регионах усиленное таяние ледников может временно замедлить темпы истощения подземных вод примерно к 2060-м годам. Однако, подчёркивают учёные, этот «буферный эффект» не может сохраняться бесконечно, и после его ослабления ожидается ускорение потерь подземных вод.

Исследователи предупреждают, что при сохранении нынешних моделей водопотребления истощение подземных вод может ускориться ещё больше. Это, в свою очередь, усилит угрозу для расположенных ниже по

течению сельскохозяйственных районов, в значительной степени зависящих от этих запасов.

Новый способ отслеживания подземных вод в горных регионах

Для анализа исследователи использовали методологию, основанную на современных научных знаниях и больших объёмах наблюдательных данных. Информация, полученная с нескольких спутниковых датчиков, позволила оценить изменения запасов подземных вод за последние 20 лет.

Предложенная система включает облегчённую архитектуру Transformer, разработанную с учётом гидрологической памяти и отложенных эффектов, характерных для горных водосборных бассейнов. Кроме того, исследователи применили интерпретируемые методы машинного обучения, чтобы определить физические факторы, связанные с выявленными системой изменениями запасов подземных вод.

Для проверки достоверности результатов исследователи сравнили полученные данные с тысячами измерений, проведённых в скважинах, а также с независимыми наборами данных. Результаты этих сопоставлений дополнительно подтвердили выводы исследования.

По мнению исследователей, сочетание данных дистанционного зондирования, проверенных гидрологических знаний и интерпретируемых методов искусственного интеллекта позволяет преодолеть давние трудности, связанные с изучением высокогорных районов Азии, включая труднодоступность территории и неполноту данных об антропогенном использовании водных ресурсов.

Уроки восьми десятилетий управления водными ресурсами для будущего¹⁰

В преддверии Стокгольмской Всемирной недели воды видный ученый Роберто Лентон утверждает, что создание глобальной институциональной архитектуры в сфере водных ресурсов давно назрело.

Мало кому довелось столь внимательно наблюдать за эволюцией глобального управления водными ресурсами, как Роберто Ленто-

¹⁰ Источник: What eight decades of water governance can teach us about the future / <https://www.iwmi.org/news/what-eight-decades-of-water-governance-can-teach-us-about-the-future/>
Опубликовано 20.08.2026

ну. Опираясь на свою новую книгу «Преодоление дефицита воды: глобальные институты и трансформация науки, политики и практики в сфере водных ресурсов», бывший председатель Совета управляющих Международного института управления водными ресурсами (ИВМИ) размышляет о том, какие уроки мир может извлечь из прошлого, в каких сферах многостороннее сотрудничество оказалось недостаточно эффективным и почему следующая Конференция ООН по водным ресурсам должна стать поворотным моментом для активизации глобальных действий в сфере водных ресурсов.

Ваша книга охватывает 80 лет истории водных ресурсов – науки, политики и практики – с 1945 года до наших дней. Что побудило вас написать эту историю?

Роберто Лентон: Вдохновение пришло постепенно. После того как я оставил должность в Университете Небраски и стал почетным профессором, я выступил с несколькими докладами, посвященными различным аспектам этой истории. В ИВМИ я рассказывал об отдельных этапах истории организации, а в Небраске – о создании ИВМИ, Глобального водного партнерства и Института «Вода для продовольствия». Во время этих выступлений я понял, что существует гораздо более масштабная история, выходящая за рамки деятельности какой-либо одной организации. Это история всех глобальных институтов, работающих в сфере водных ресурсов, а также история того, как наука влияла на политику и практику. В полном объеме такую историю еще никто не рассказывал. Я подумал, что тем, кто сегодня работает в водном секторе, было бы полезно лучше понимать более широкий контекст, осознавать свое место в этой истории и извлекать уроки как из успехов, так и из неудач прошлого.

Тогда же я понял, насколько широк этот круг вопросов. Необходимо было начать с создания системы ООН в 1940-х гг., поскольку именно тогда начали формироваться глобальные институты. До этого вода в основном рассматривалась как вопрос местного или национального значения. При этом мне пришлось выйти за рамки системы ООН, поскольку многие важные участники действовали далеко за ее пределами. Нужно было также рассмотреть науку, политику и практику – и, что особенно важно, взаимосвязь между этими тремя сферами.

Вы утверждаете, что многостороннее сотрудничество и глобальные институты сыграли ключевую роль в преобразовании науки и политики в области водных ресурсов. Что вы считаете самым значительным успехом за эти 80 лет и что стало залогом его успеха?

Роберто Лентон: Как всегда, трудно выделить что-то одно, но я бы назвал Международное десятилетие водоснабжения и санитарии 1981–1990 гг. – прежде всего из-за его влияния как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Это Десятилетие стало результатом первой Конференции ООН по водным ресурсам, состоявшейся в 1977 г. в Аргентине. Инициатива вызвала огромный энтузиазм и приверженность делу, которые распространились по всему миру и объединили множество различных участников. Если учитывать как непосредственные, так и косвенные результаты, то, на мой взгляд, это Десятилетие было по-настоящему уникальным. Что касается непосредственных результатов, то, согласно оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), за годы Десятилетия 1,5 млрд человек получили доступ к безопасной питьевой воде, а примерно половина из них – около 750 млн человек – к базовым санитарным услугам.

Я считаю, что косвенные последствия также были весьма значительными. В течение этого десятилетия произошел переход от преимущественного внимания к «аппаратным» решениям – строительству инфраструктуры и созданию материальной базы, что было характерно для предшествующего периода, – к более широкому вниманию к «программным» аспектам. Кроме того, именно в этот период на первый план вышло признание важной роли женщин в сфере водоснабжения и санитарии.

Значительные изменения произошли и на институциональном уровне. Именно тогда, например, в результате объединения представителей водохозяйственного сектора Великобритании была создана организация *WaterAid*. В тот же период начали действовать Программа Всемирного банка по водоснабжению и санитарии, а также Совет по сотрудничеству в области водоснабжения и санитарии, который впоследствии был преобразован в нынешний Фонд санитарии и гигиены.

В ходе этого Десятилетия большое внимание уделялось постановке целей и мониторингу их достижения. Именно тогда была создана Совместная программа мониторинга ВОЗ и ЮНИСЕФ, которая заложила основу для последующей практики постановки целей и систематического отслеживания прогресса. Как ни удивительно, до этого подобных механизмов практически не существовало.

Таким образом, Десятилетие оказало значительное влияние и на институциональном уровне.

Для меня Международное десятилетие водоснабжения и санитарии – яркий пример подлинно многостороннего и межинституционального сотрудничества, позволившего преодолеть многочисленные барьеры и добиться ощутимых результатов.

В книге вы откровенно рассказываете не только об успехах, но и о неудачах. Какой, на ваш взгляд, самый неприятный урок прошлого мировое сообщество, занимающееся вопросами водных ресурсов, до сих пор не усвоило в полной мере?

Роберто Лентон: Я говорю об этом в заключительной главе книги. Самый неприятный урок, который мы до сих пор не смогли в полной мере осознать, заключается в разрыве между достижениями науки, политическими решениями и практикой – и реальным положением дел в сфере водной безопасности на местах. Это вызывает дискомфорт, потому что все мы склонны считать, что занимаемся прекрасной наукой и добиваемся важных успехов на политическом фронте. Однако реальность такова, что проблема нехватки воды по-прежнему сохраняется. В некотором смысле ситуация даже ухудшается, а не улучшается: появляются новые вызовы, в то время как старые проблемы так и остаются нерешенными.

Думаю, именно это и вызывает дискомфорт. Большинство людей согласятся с тем, что я сейчас сказал, но при этом будут разочарованы тем, что нам не удалось добиться большего прогресса. И это касается не только водного сектора.

На мой взгляд, во многом это связано с разрывом между наукой, политикой и практикой – с тем, как наука влияет на политические решения, политика – на практику, и, что не менее важно, как практика и политический опыт влияют на научные исследования. Это также связано с отсутствием действенных вертикальных связей между тем, что происходит на глобальном уровне, и процессами на национальном и субнациональном уровнях.

Есть такие организации, как ИВМИ, которые уделяют серьезное внимание установлению этих связей – как между глобальным, национальным и местным уровнями, так и по горизонтали, между различными секторами и заинтересованными сторонами. На мой взгляд, такой подход следует шире и более системно применять в других организациях и инициативах. Думаю, один из уроков, который, безусловно, усвоил ИВМИ, заключается в том, что такие связи необходимо выстраивать уже на ранних этапах разработки проекта, а не пытаться наладить их постепенно, по мере его реализации.

Приведенные в книге примеры показывают, каких результатов можно добиться, если с самого начала продумать, как обеспечить взаимодействие между наукой, политикой и практикой.

Предстоящая Конференция ООН по водным ресурсам 2026 г. пройдет на фоне отставания мира от графика достижения ЦУР 6, а также в условиях отсутствия глобального соглашения по вопросам водных ресурсов и целостной архитектуры международного управления водными ресурсами. Учитывая этот контекст, какой самый важный урок вы надеетесь, что политики извлекут из вашей книги и принесут с собой в зал заседаний конференции?

Роберто Лентон: Во-первых, я надеюсь, что они прочитают книгу и увидят всю историю в целом. Многие знают лишь отдельные ее фрагменты, но, на мой взгляд, важно понимать ее целиком. Чтобы решать глобальные проблемы, связанные с водными ресурсами, которые стоят перед нами сегодня и возникнут в будущем, необходимо понимать, как мы пришли к нынешней ситуации.

И я очень надеюсь, что главный урок, который они извлекут из книги, будет заключаться в следующем: несмотря на многочисленные успехи в научной и политической сферах, нам как мировому сообществу так и не удалось создать слаженную глобальную институциональную архитектуру в области водных ресурсов.

Мне нравится сравнивать ситуацию в сфере водных ресурсов с тем, чего мировое сообщество добилось в других областях, которые, как и вода, имеют межотраслевое и глобальное значение. Такое сравнение показывает, насколько ограниченным был прогресс в сфере водных ресурсов. За последние 80 лет, например, в сфере продовольствия мировое сообщество создало Продовольственную и сельскохозяйственную организацию ООН (ФАО), Всемирную продовольственную программу (ВПП), Международный фонд сельскохозяйственного развития (МФСР) и CGIAR – ранее Консультативную группу по международным сельскохозяйственным исследованиям. В сфере изменения климата у нас есть Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Итак, в других сферах существует институциональная структура, которая, хотя и далека от идеала, обладает реальным влиянием как на формирование политики, так и на развитие науки. Если же посмотреть на водный сектор, то здесь также существует немало замечательных инициатив, однако с точки зрения глобальной архитектуры нам по-прежнему не хватает целостной институциональной структуры. В системе ООН есть учреждения, занимающиеся различными аспектами водных ресурсов, а координацию их деятельности обеспечивает механизм «ООН – Вода». За это время появилось множество значимых международных организаций и инициатив, таких как Международный институт управления водными ресурсами (ИВМИ) и Глобальное водное партнерство. Однако у нас по-

прежнему нет целостной глобальной архитектуры, которая обеспечивала бы общие рамки для международного сотрудничества. В частности, нам не хватает механизма, который позволял бы странам совместно решать многосторонние проблемы, с которыми ни одна страна не способна справиться в одиночку.

Я считаю, что создание такой архитектуры – насущная необходимость. И я надеюсь, что политики, которые примут участие в Конференции ООН по водным ресурсам, возьмут на себя решение этой задачи, поскольку именно у них есть необходимые полномочия и возможности для этого.

В книге я высказываю следующую мысль: в нынешней ситуации мы во многом оказались заложниками собственной истории. Вскоре после создания системы ООН вода не воспринималась как вопрос, требующий первостепенного внимания, и в результате управление водными ресурсами оказалось раздробленным между различными институтами и направлениями деятельности. На мой взгляд, именно этот вывод я хотел бы, чтобы политики вынесли из книги как один из главных уроков.

Книга предназначена как для ученых, так и для специалистов-практиков. Если бы вам пришлось поговорить с молодым инженером-гидротехником из страны, испытывающей дефицит воды, – одной из тех, где работает ИВМИ, – какую одну практическую мысль вы хотели бы, чтобы он вынес из книги?

Роберто Лентон: Я бы, пожалуй, дал полтора практических совета.

Во-первых, решение проблем, связанных с водой, – это нечто большее, чем просто инженерная задача. Я надеюсь, что еще во время обучения этот молодой специалист получил возможность познакомиться с социальными, экономическими, политическими и институциональными аспектами водных проблем. Молодой инженер должен понимать, что проблему, над которой он работает, необходимо рассматривать не только с инженерной точки зрения, но и учитывать множество других факторов. Когда мы ищем решения, нам важно принимать во внимание как человеческий фактор, так и технические и инженерные аспекты. Надеюсь, эта мысль достаточно ясно отражена в книге.

И еще один момент, который я хотел бы подчеркнуть, – и это вторая половина моего совета, – заключается в том, что вы не одиноки. То, чем вы занимаетесь в своей стране, испытывающей дефицит воды, – лишь часть работы огромного сообщества людей по всему миру, которые сталкиваются с аналогичными водными проблемами и ищут пути их решения. Вы можете учиться на опыте тех, кто работает над водными проблемами в дру-

гих регионах мира, вносить свой вклад в их работу и черпать вдохновение в том, чего им удастся добиться.

Ваша книга заканчивается в 2024 г. Если бы вы написали продолжение, действие которого происходило бы в 2040 г., что должно было бы произойти за это время, чтобы эта глава стала рассказом об успехе, а не об упущенной возможности?

Роберто Лентон: Думаю, это напрямую связано с тем, о чем я говорил ранее, — с величайшей неудачей последних 80 лет, а именно с отсутствием целостной глобальной архитектуры в сфере водных ресурсов. Благодаря воображению, лидерству и целеустремленности, на мой взгляд, вполне возможно создать механизм, который позволит миру совместными усилиями решать проблемы, не поддающиеся решению силами одной страны.

Я действительно считаю, что мы можем добиться значительного прогресса.

Это вполне конкретная и практическая цель. Речь не идет о создании специального органа ООН по вопросам водных ресурсов. Нам нужна система, которая позволила бы эффективно принимать решения по общим вопросам на основе научных данных.

Именно этого я хотел бы добиться в ближайшие 15 лет. И я считаю, что это вполне достижимо. Более того, я уверен, что это абсолютно реально.

Америка

Реки США меняются неожиданным для учёных образом¹¹

Реки США всё чаще переносят наносы в виде более коротких и интенсивных всплесков, поскольку усиление осадков, урбанизация и сокращение лесных массивов меняют характер речного стока.

Как отмечается в исследовании, реки всегда переносили наносы неравномерно: значительная их часть поступала в водотоки во время ливней, а не распределялась равномерно в течение года. Однако новое исследование показало, что эта тенденция постепенно усиливается. По всей территории страны перенос наносов всё чаще концентрируется в меньшем числе, но более интенсивных эпизодах. Авторы отмечают, что такие изменения могут иметь серьёзные последствия для качества питьевой воды, состояния водных экосистем и инфраструктуры.

Исследование было проведено под руководством Админа Хусича, доцента кафедры гражданского и экологического инжиниринга, и Нишача Сигдела, который в этом году получил степень магистра. Оба исследователя работают в Виргинском технологическом университете.

Сила, которая определяет ход каждой реки

Осадочным отложениям уделяется не так много внимания, однако они постоянно перемещаются в толще практически каждой реки США.

Они формируют пляжи и водно-болотные угодья, создают среду обитания для рыб, переносят питательные вещества вниз по течению и постепенно заполняют водохранилища. Кроме того, наносы могут засорять водозаборы питьевой воды и влиять на скорость износа мостов, плотин и судоходных каналов.

Инженеры уже несколько десятилетий знают, что реки переносят значительную часть наносов именно во время ливней, а не постепенно в течение длительного времени. По словам Хусича, согласно общепринятому правилу, около 90% речных наносов переносится всего за 10% времени.

¹¹ Источник: Andrei Ionescu. America's rivers are changing in a way scientists didn't expect / <https://www.earth.com/environment/americas-rivers-are-changing-in-a-way-scientists-didnt-expect/>
Опубликовано 12.08.2026

При этом до сих пор не было данных, которые позволяли бы определить, менялась ли эта закономерность с течением времени.

Отслеживание перемещения наносов в 175 реках

Традиционный мониторинг наносов основан на периодическом отборе проб воды техническими специалистами – обычно всего в течение нескольких дней в году. При этом пробы редко берут во время наиболее сильных штормов, хотя именно в такие периоды происходит основной перенос наносов.

По словам Хусича, такой подход можно сравнить с попыткой понять поведение реки, наблюдая за ней лишь в течение короткого промежутка времени. По его мнению, при этом удаётся получить лишь часть общей картины, тогда как долгосрочные закономерности и наиболее значимые кратковременные изменения остаются вне поля зрения.

Чтобы получить более полную картину, исследователи проанализировали миллионы высокочастотных измерений мутности, отражающих степень помутнения речной воды, и обработали эти данные с помощью методов искусственного интеллекта.

С помощью моделей глубокого обучения исследователи смогли восстановить данные о суточном переносе наносов в 175 реках по всей территории США начиная с 1985 г. В результате был сформирован первый набор данных, достаточно подробный для того, чтобы определить не только объём переносимых реками наносов, но и точное время их перемещения.

Ускорение переноса наносов

Результаты исследования выявили явную общенациональную тенденцию.

В 1985 г. типичной реке требовалось около 69 дней, чтобы перенести 90% годового объёма наносов. К 2023 г. этот период сократился до всего 50 дней.

Такое сокращение периода переноса имеет большое значение, поскольку крупные всплески поступления наносов могут перегружать системы очистки питьевой воды, ускорять заиливание водохранилищ, наносить ущерб водным экосистемам, усиливать эрозию и способствовать переносу питательных веществ, вызывающих цветение токсичных водорослей.

Кроме того, это оставляет специалистам по управлению водными ресурсами гораздо меньше времени для реагирования на такие всплески поступления наносов.

Примечательно, что лишь около 15% изученных рек одновременно характеризовались увеличением общего годового объёма переносимых наносов и сокращением периода их переноса. Это свидетельствует о том, что анализ только годовых объёмов наносов не позволяет в полной мере оценить происходящие изменения.

По словам Хусича, некоторые реки ежегодно переносят больше наносов, тогда как другие переносят примерно тот же объём, но за счёт меньшего числа более экстремальных событий.

Разные силы, разные последствия

Хусич и Сигдел установили, что эти две тенденции обусловлены разными факторами. Наиболее значимым фактором общего увеличения объёма наносов, переносимых реками, оказалось усиление осадков.

В то же время переход к более коротким и концентрированным эпизодам переноса наносов в основном связан с изменениями в землепользовании, особенно с урбанизацией и сокращением лесного покрова.

По мере того, как лесные территории уступают место дорогам, крышам зданий и парковкам, дождевая вода быстрее поступает в ручьи и реки, формируя мощные потоки, способные перемещать большие объёмы наносов всего за несколько часов.

Наиболее существенные изменения со временем наблюдались в небольших водосборных бассейнах, где происходили быстрые процессы урбанизации и освоения территорий.

Полученные результаты согласуются с выводами другого исследования, проведённого Хусичем совместно с докторантом Чуцян Ченом и опубликованного в журнале *Communications Earth & Environment*.

В рамках этого исследования было установлено, что на большей части территории США атмосферные осадки всё быстрее преобразуются в речной сток. По мнению авторов, это связано с увеличением количества осадков, урбанизацией и сокращением лесного покрова.

В совокупности результаты двух исследований свидетельствуют о том, что американские реки в целом становятся более уязвимыми к воздействию штормов: вода и наносы поступают в них более короткими и интенсивными всплесками, чем раньше.

Переосмысление подходов к управлению реками

Объединив экологические данные, результаты непрерывного мониторинга и методы машинного обучения, исследовательская группа выявила

закономерность, которая оставалась практически незаметной при использовании традиционных методов наблюдения.

Как показали результаты, американские реки различаются не только по объёму переносимых наносов, но и по характеру их переноса во времени. В условиях продолжающегося развития территорий и усиления штормов понимание временной динамики переноса наносов может иметь не меньшее значение, чем отслеживание их общего объёма.

Хусич отметил, что на протяжении десятилетий управление реками во многом напоминало работу бухгалтеров: специалисты подсчитывали годовые показатели и ориентировались прежде всего на общий объём переносимого материала. Однако, по его словам, результаты нового исследования показывают, что не менее важную роль играет и фактор времени.

Учёный подчеркнул, что для защиты источников питьевой воды, мостов и водных экосистем в условиях стремительного развития территорий и усиления штормов необходимо учитывать именно те кратковременные периоды высокой интенсивности, когда происходит основная часть переноса наносов и связанных с ним процессов.

Уровень воды в двух крупнейших водохранилищах США достиг рекордно низких отметок¹²

Джулиана Вильоне

В субботу уровень воды во втором по величине водохранилище США достиг рекордно низкого уровня – всего через несколько дней после того, как крупнейшее водохранилище страны побило собственный рекорд.

И озеро Мид, и озеро Пауэлл расположены на реке Колорадо.

Они обеспечивают водой население семи штатов на юго-западе США. Около 40 млн человек получают часть или весь объём воды для коммунальных нужд из реки Колорадо.

¹² Источник: Giuliana Viglione. Analysis: The two largest reservoirs in the US have hit record-low levels / <https://www.carbonbrief.org/analysis-the-two-largest-reservoirs-in-the-us-have-hit-record-low-levels> Опубликовано 17.08.2026

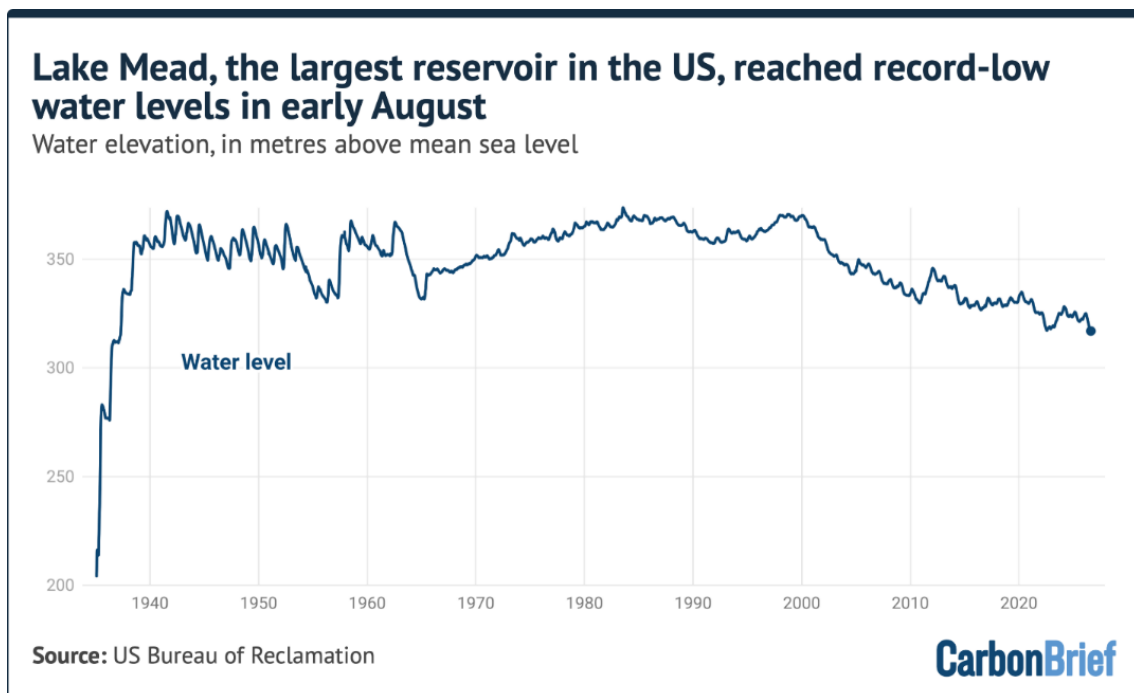
Река также обеспечивает водой около 5,5 млн акров (22 258 км²) сельскохозяйственных угодий в Колорадо, Аризоне, Калифорнии и других штатах, расположенных в бассейне реки.

Эксперты сообщают изданию *Carbon Brief*, что изменение климата, рост населения и чрезмерное потребление воды – всё это способствует достижению рекордно низких уровней воды в водохранилищах.

Рекордно низкие значения

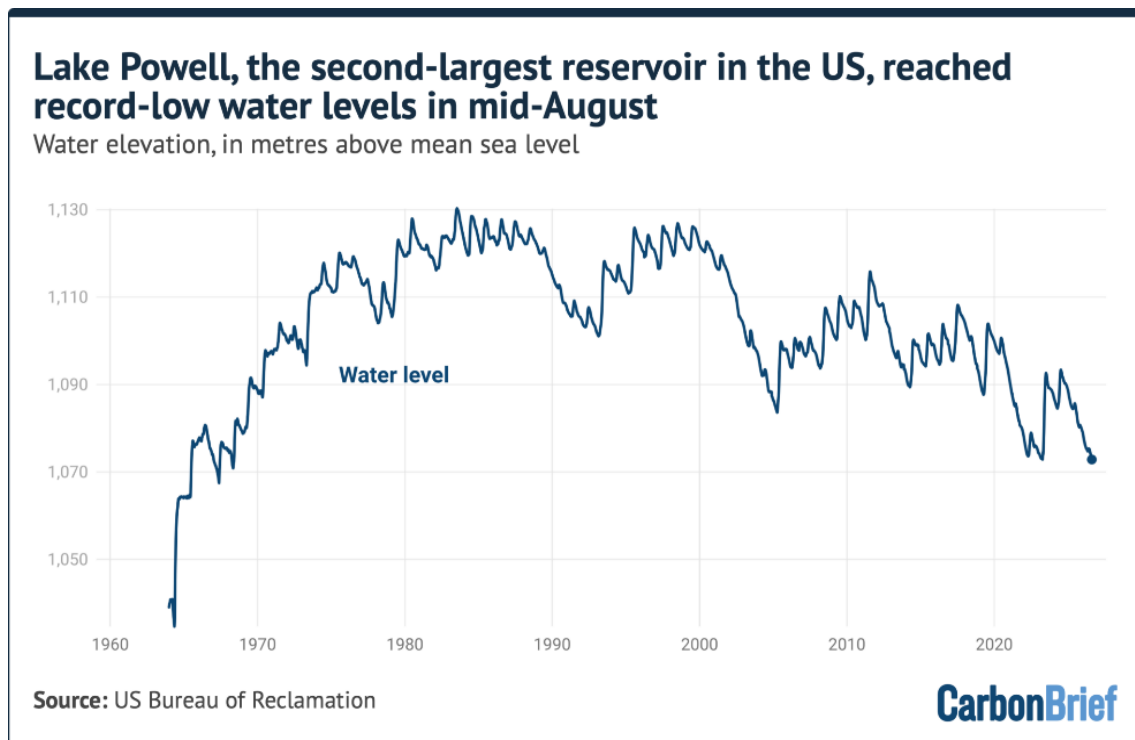
При полной загрузке озёра Мид и Пауэлл могут вместить в общей сложности 68 км³ воды – этого достаточно, чтобы обеспечить все бытовые потребности континентальной части США почти на полтора года. Однако уровень воды в обоих водохранилищах снижается уже несколько десятилетий.

На диаграмме ниже показан уровень воды в озере Мид в метрах над уровнем моря. Наполнение водохранилища началось в 1935 г. после строительства плотины Гувера. Максимальная отметка уровня воды при заполнении до уровня «полного бассейна» составляет 347,60 м. 7 августа уровень воды в озере Мид достиг рекордно низкой отметки – 317,11 м.



На следующем графике показан уровень воды в озере Пауэлл в метрах над уровнем моря. Отметка полного наполнения озера составляет 1127,76 м.

Хотя в 1980-х гг. водохранилище несколько раз достигало максимальной ёмкости, с тех пор этого не происходило. 15 августа уровень воды в озере Пауэлл опустился до нового рекордно низкого значения — 1072,87 м.



Уровень воды в обоих водохранилищах продолжал снижаться в течение нескольких дней после того, как в них были зафиксированы новые рекордно низкие значения. По словам доктора Джека Шмидта, старшего научного сотрудника Центра изучения реки Колорадо при Университете штата Юта, тенденция к снижению уровня воды в обоих озёрах, скорее всего, сохранится до следующей весны, когда в горах верхнего бассейна реки Колорадо начнёт таять снежный покров.

В интервью Carbon Brief он отметил, что главная проблема заключается в том, что сейчас только середина августа и пока невозможно предсказать, какой будет предстоящая зима. При этом, по его словам, можно с уверенностью ожидать, что общий объём воды в водохранилищах бассейна будет сокращаться примерно с настоящего момента до начала апреля.

Совокупность факторов

Как сообщили эксперты изданию Carbon Brief, рекордно низкие уровни воды в двух водохранилищах являются результатом совокупного воздействия нескольких факторов.

С начала XX века объём воды, протекающей в верховьях реки Колорадо, сократился примерно на 20%. Исследования показывают, что половина этого сокращения связана с изменением климата, вызванным деятельностью человека.

Большая часть речного стока формируется за счёт таяния снежного покрова в верхнем бассейне реки Колорадо, который простирается по территории пяти западных штатов США, но в основном расположен в Колорадо и Юте.

Этот регион уже более четверти века страдает от исторической «мегазасухи». Согласно исследованию 2020 г., почти половина интенсивности мегазасухи в период с 2000 по 2018 гг. была обусловлена изменением климата.

В то же время рост населения на юго-западе США оказывает дополнительное давление на водные ресурсы реки Колорадо. С 1992 г. число людей, получающих часть или весь объём необходимой им воды из системы реки Колорадо, увеличилось на 15 млн – примерно на 60%.

Шмидт рассказал изданию Carbon Brief, что нынешний водный кризис имеет как основную, так и непосредственную причину. По его словам, основной причиной является потепление климата и планеты в целом, при этом наблюдается достаточно чёткая корреляция между повышением температуры и сокращением стока в бассейне реки Колорадо.

Непосредственную причину, по мнению Шмидта, следует искать в том, что в сложной демократической системе США важные политические решения, учитывающие климатическую изменчивость, принимаются крайне медленно – в ходе напряжённых политических переговоров и лишь постепенно.

31 июля Бюро мелиорации США, которое управляет водными ресурсами на западе страны, опубликовало заявление об оценке воздействия на окружающую среду в связи с предлагаемой стратегией управления озёрами Пауэлл и Мид после 2026 г. Сама стратегия пока не опубликована.

Шмидт отметил, что, судя по всему, это заявление действительно предоставляет Бюро определённую гибкость для реагирования на кризисные ситуации, в частности за счёт сокращения поставок воды в несколько штатов. При этом он добавил, что в Бюро признают: такая мера не работает, если засушливые условия сохранятся на критическом уровне. По словам Шмидта, все климатические модели XXI века, особенно с учётом про-

должающегося потепления планеты, указывают на то, что именно такой сценарий и следует ожидать.

У США есть план спасения реки Колорадо. Эксперты считают, что его недостаточно для преодоления кризиса¹³

Габриэль Кэнон

После многих лет напряжённых переговоров и неоднократных срывов установленных сроков власти США наконец представили проект плана, определяющего будущее находящейся под угрозой реки Колорадо. Однако пока этот документ представляет собой лишь основу для дальнейшего согласования и выработки окончательных решений.

Поскольку срок действия предыдущего плана истекает в октябре, Бюро мелиорации США в пятницу публично представило проект новой программы управления водными ресурсами реки.

Предложенный масштабный 10-летний план определяет основные параметры оперативных правил управления водными ресурсами, которые предполагается пересматривать каждые два года.

Согласно новой федеральной программе, Калифорния, Аризона и Невада в совокупности могут быть вынуждены ежегодно сокращать объём забираемой из реки воды на величину до 3 млн акро-футов, что составляет примерно 40% от общего объёма воды, предоставляемого этим штатам. Акро-фут – единица измерения объёма воды, равная количеству воды, необходимому для покрытия площади в один акр слоем глубиной в один фут. Один акро-фут составляет приблизительно 326 000 галлонов, или около 1,2 млн литров. По оценкам, этого объёма достаточно для обеспечения годовой потребности в воде примерно трёх домохозяйств.

В документе пока не уточняется, каким образом эти сокращения будут распределяться между штатами. Вместе с тем так называемые штаты Нижнего бассейна реки Колорадо должны будут в обязательном порядке сократить объём потребления воды на 1,25 млн акро-футов в 2027 и 2028

¹³ Источник: Gabrielle Canon. The US has a plan to save the Colorado River. Experts say it won't be enough to stop the crisis / <https://www.theguardian.com/us-news/2026/aug/21/colorado-river-water-crisis-plan> Опубликовано 21.08.2026

гг. В зависимости от складывающихся условий объём сокращений может быть увеличен.

Эксперты заявили, что новые правила, установленные федеральным правительством, не являются надёжным долгосрочным решением стремительно углубляющегося водного кризиса на американском Западе, а представляют собой лишь временную меру. По их словам, цель этих правил – защитить критически важную инфраструктуру, от которой зависит функционирование всей водохозяйственной системы, и дать семи штатам дополнительное время для выработки соглашения. Эти штаты по-прежнему не могут договориться о том, как осуществить масштабные сокращения, необходимые для предотвращения критического состояния всей системы.

В течение последних трёх лет штаты Верхнего бассейна – Колорадо, Нью-Мексико, Юта и Вайоминг – и штаты Нижнего бассейна – Калифорния, Аризона и Невада – раз за разом не укладывались в установленные сроки, пытаясь достичь долгосрочного и устойчивого консенсуса.

Поскольку сохраняющаяся жаркая и засушливая погода усугубляет дисбаланс между спросом на воду и её доступными ресурсами, надежд на существенное улучшение ситуации практически не остаётся. На этом фоне всё больше опасений вызывает то, что предлагаемые сокращения могут оказаться недостаточными.

Напряжённость между сторонами по-прежнему сохраняется, тогда как времени для достижения соглашения остаётся всё меньше.

После того как в июле были впервые обнародованы основные положения плана, Ноа Гаррисон, исследователь в области водных ресурсов Института окружающей среды и устойчивого развития Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (UCLA), охарактеризовал предложенный подход как очередную отсрочку решения проблемы. По его словам, он и другие эксперты обеспокоены тем, что федеральный план оставляет заинтересованным сторонам во всём бассейне лишь ограниченные возможности для продвижения к реальному решению проблемы и фактически вынуждает их продолжать затянувшиеся переговоры.

Гаррисон предупредил, что неспособность решить эту проблему может иметь крайне серьёзные последствия. По его словам, под угрозой может оказаться водоснабжение около 40 млн человек.

Для восстановления водного баланса в бассейне необходимо сократить водопотребление более чем на 3 млн акро-футов, что эквивалентно примерно 3,7 млрд м³ воды. Этот объём составляет более четверти среднегодового стока реки. В такие засушливые годы, как нынешний, даже такого сокращения может оказаться недостаточно. Недавно совокупный объём

воды в водохранилищах Пауэлл и Мид опустился до самого низкого совокупного уровня с момента строительства водохранилища Пауэлл.

Джон Берггрен, руководитель отдела региональной политики организации Western Resource Advocates, заявил, что для обеспечения максимально возможной защиты всей системы необходимо добиться значительного сокращения водопотребления и существенного снижения нагрузки на водные ресурсы. По его мнению, для этого потребуются дополнительные усилия.

Переломный момент

Затяжные споры вокруг распределения водных ресурсов реки Колорадо продолжают уже более века.

Соглашение о распределении водных ресурсов, заключённое в 1922 г., первоначально предусматривало равное распределение воды между штатами Верхнего и Нижнего бассейнов: каждой группе штатов предоставлялось право на использование 7,5 млн акро-футов воды. Однако с 2020 г. среднегодовой объём стока реки Колорадо составляет лишь немногим более 10 млн акро-футов. Это создаёт огромный разрыв между фактически доступным объёмом водных ресурсов и объёмом воды, на использование которого предоставлены права.

В последние годы водопотребление сокращалось, несмотря на продолжающийся рост населения в отдельных населённых пунктах и развитие некоторых отраслей промышленности. Этого удалось добиться благодаря мерам по сохранению водных ресурсов и повышению эффективности их использования. Однако достигнутое снижение водопотребления не смогло компенсировать уменьшение водообеспеченности региона, вызванное потеплением климата и засухой. Снеготаяние, обеспечивающее значительную часть стока реки, происходит в условиях более высоких температур, вследствие чего вода испаряется быстрее, а иссушенные почвы и растительность поглощают больше влаги. С 2020 г. среднегодовой сток реки Колорадо сократился на 32% по сравнению со средними показателями XX века.

Экосистемы реки уже понесли значительный ущерб. Однако дефицит водных ресурсов оказывает всё более серьёзное воздействие как на население, так и на предприятия. Более 70% воды реки Колорадо используется в сельском хозяйстве, в том числе для выращивания таких водоёмких культур, как люцерна и другие кормовые культуры, предназначенные для производства сена и кормов для скота. Кроме того, воды реки используются для выращивания значительной части зимнего салата и листовых овощей, производимых в США.

В этом году водный кризис достиг особенно острой фазы: крайне низкие запасы снега и экстремальная весенняя жара оказали дополнительное давление на водные ресурсы региона. В начале лета уровень воды в водохранилище Пауэлл находился всего примерно на 37 футов выше отметки, ниже которой плотина Глен-Каньон не сможет вырабатывать гидроэлектроэнергию. От поставок этой электроэнергии зависят почти 6 млн домохозяйств и предприятий.

Если уровень воды в водохранилище снизится до критической отметки, самотёчный сброс воды вниз по течению станет невозможным. Достижение так называемого «мёртвого объёма» водохранилища может иметь катастрофические последствия для всей системы.

Обычно максимальный уровень воды в водохранилище достигается лишь в начале лета, а это означает, что до следующего периода поступления талой воды могут пройти ещё несколько месяцев. Для восполнения запасов воды необходимо, чтобы зимой накопился достаточный снежный покров, который впоследствии обеспечит дополнительный сток.

Джек Шмидт, директор Центра исследований реки Колорадо при Университете штата Юта, предупредил, что даже ещё один год со средним объёмом стока – не засушливый, но и не обеспечивающий достаточного притока воды, – может поставить систему на грань катастрофы. Он также отметил, что даже исключительно благоприятный по водности год не позволит полностью преодолеть нынешний кризис.

Ожидается, что климатическое явление Эль-Ниньо, которое, согласно прогнозам, этой зимой может проявиться с особой силой и принести региону обильные осадки, несколько улучшит ситуацию. Однако более влажные погодные условия не всегда приводят к значительному увеличению речного стока.

Брэд Удалл, старший научный сотрудник по вопросам водных ресурсов и климата Университета Колорадо, заявил, что Эль-Ниньо не станет спасением для бассейна реки Колорадо. По его словам, данные наблюдений за последнее столетие не свидетельствуют о чёткой зависимости между интенсивностью Эль-Ниньо и объёмом водных ресурсов, доступных в бассейне реки Колорадо.

Он добавил, что даже зима с нормальным объёмом осадков позволила бы лишь немного отсрочить развитие кризиса. Однако, по его мнению, такое временное улучшение ситуации могло бы создать ложное ощущение, что необходимость принятия серьёзных мер отпала, хотя в действительности их принятие всё равно было бы неизбежным.

Основные разногласия и позиции сторон

Хотя федеральное правительство обладает ограниченными полномочиями в сфере водной политики штатов и не может в одностороннем порядке вводить обязательные ограничения на водопользование во всём бассейне, Бюро мелиорации США управляет водохранилищами Пауэлл и Мид, что предоставляет федеральным властям более широкие возможности для регулирования водоснабжения в Нижнем бассейне.

Новый федеральный план предусматривает более масштабные меры, чем предыдущая программа: максимальный объём сокращения водопотребления, предусмотренный планом, более чем вдвое превышает аналогичный показатель в предыдущих программах.

Рамочная программа также призвана стимулировать экономию воды, позволяя водопользователям накапливать значительные объёмы сэкономленной воды в федеральных водохранилищах для последующего использования. Вместо отказа от права на использование сэкономленного объёма воды водопользователи смогут получать соответствующие зачётные единицы. Хотя план не предусматривает обязательных сокращений водопотребления в Верхнем бассейне, этот механизм является одним из инструментов, с помощью которых федеральное правительство намерено стимулировать экономию до 200 000 акро-футов воды в штатах Колорадо, Юта, Вайоминг и Нью-Мексико.

Однако представители штатов, участвующие в переговорах, не намерены отказываться от своих позиций.

Дж. Б. Хэмби, председатель Совета по реке Колорадо штата Калифорния и уполномоченный по реке Колорадо от Калифорнии, заявил в документе, опубликованном вместе с объявлением, что предложенные меры являются лишь временным решением, а не окончательным урегулированием проблемы. По его мнению, ответственность за решение водного кризиса не может возлагаться только на три штата – её должны разделять все семь штатов бассейна.

Он отметил, что предусмотренный федеральным планом двухлетний период даёт штатам время для достижения соглашения, которое обеспечит более справедливое распределение ответственности за сокращение водопотребления между всеми штатами бассейна.

Другие представители штатов отнеслись к предложению более критически. Билл Хазенкамп, руководитель отдела по ресурсам реки Колорадо в Мегаполисном водном округе Южной Калифорнии, заявил в интервью CalMatters до официального утверждения плана, что региону необходимо долгосрочное планирование водообеспечения, тогда как предложенный вариант не обеспечивает необходимой определённости.

Представители штатов, которым грозят наиболее значительные сокращения водопотребления, также сразу выразили несогласие после того, как предложение было впервые обнародовано в конце июля. Губернатор Аризоны Кэти Хоббс заявила, что некоторые из предложенных федеральным правительством вариантов являются неприемлемыми. Губернатор Невады Джо Ломбардо, в свою очередь, пообещал противостоять «любому решению, которое повлечёт за собой необоснованные последствия» для жителей его штата.

Такие заявления свидетельствуют о сохраняющихся глубоких разногласиях между штатами и одновременно указывают на угрозу судебных разбирательств. Юридические споры, которые по-прежнему остаются вполне вероятным сценарием, могут привести к тому, что неотложные решения в сфере управления водными ресурсами окажутся втянутыми в многолетние судебные процессы.

Эми Хаас, исполнительный директор Управления по реке Колорадо штата Юта, заявила на слушаниях в сенатском комитете ещё до обнародования федерального плана, что некоторые штаты бассейна уже готовятся предъявить судебные иски другим штатам. Ссылаясь на публичные свидетельства привлечения дорогостоящих юридических фирм и создания резервных фондов для покрытия судебных расходов, она предупредила, что судебные разбирательства могут отложить принятие необходимых решений на десятилетия.

Даже при наличии такого плана уже в этом году штаты Нижнего бассейна могут предъявить судебные иски штатам Верхнего бассейна. В центре возможных судебных разбирательств окажется вопрос о том, можно ли возложить на Верхний бассейн ответственность за сокращение доступных водных ресурсов, обусловленное климатическим кризисом. Подобный межштатный спор в сфере водного права подлежит рассмотрению непосредственно Верховным судом США.

Ретт Ларсон, профессор водного права Аризонского государственного университета, заявил, что уже к сентябрю или октябрю этого года штаты Нижнего бассейна, вероятно, смогут выдвинуть достаточно убедительный аргумент о том, что штаты Верхнего бассейна не выполнили свои обязательства по обеспечению необходимого объёма воды.

Поскольку кризис пока не демонстрирует признаков завершения, эксперты сошлись во мнении, что федеральный план следует рассматривать как отправную точку, а не как окончательное решение проблемы.

Гаррисон отметил, что в конечном итоге семи штатам бассейна всё равно придётся договориться о сокращении водозабора, однако пока достичь такого соглашения им не удаётся. При этом, по его мнению, ещё

важнее найти способы максимально увеличить доступные объёмы водных ресурсов, для чего потребуются целый комплекс различных мер.

Он предложил расширить использование оборотной воды или внедрить новые ценовые механизмы, которые стимулировали бы сельхозпроизводителей, потребляющих значительные объёмы воды, сокращать её использование. В противном случае, по его словам, через два года ситуация вновь вернётся к исходной точке – а возможно, это произойдёт ещё раньше.

Европа

Как Швейцария вместе с соседними странами управляет водными ресурсами¹⁴

Лаура Дик

На долю Швейцарии приходится около 6% всех европейских водных резервов. Но кто и как решает, каким образом использовать воду рек, пересекающих государственные границы, и озёр, поделённых между несколькими странами? Профессор Женевского университета (Université de Genève) Кристиан Брето (Christian Bréthaut), рассказывает о водных соглашениях, о порой сталкивающихся государственных интересах, возникающих конфликтах – а также о до сих пор нерешённом вопросе управления водными ресурсами озера Лаго-Маджоре.

Из-за продолжающейся засухи в Европе вопрос управления водными ресурсами снова приобрёл особую актуальность. На днях министр окружающей среды Швейцарии Альберт Рёшти объявил о пересмотре национальной стратегии в этой области. Причём вопрос касается не только внутренней политики Швейцарии, но и её отношений с соседними странами.

Швейцарию ведь часто называют «водонапорной башней Европы», но за этой эффектной метафорой скрывается весьма сложная реальность, коль скоро распоряжаться своими водными ресурсами страна может только в постоянном взаимодействии с соседними государствами. Реки, берущие начало в Швейцарских Альпах, например Рейн, и озёра, расположенные по обе стороны государственных границ, например Боденское или Женевское, могут становиться как предметом разногласий, так и основой конструктивного сотрудничества.

Кристиан Брето, профессор Женевского университета и специалист по управлению водными ресурсами, объяснил в интервью швейцарской италоязычной телерадиокомпании RSI (Radiotelevisione svizzera di lingua italiana, RSI), как устроены эти механизмы и почему изменение климата, скорее всего, будет всё чаще создавать поводы для межгосударственных споров и разногласий.

¹⁴ Источник: <https://www.swissinfo.ch/адаптация-к-изменению-климата/как-швейцария-вместе-с-соседними-странами-управляет-водными-ресурсами/91891270> Опубликовано 19.08.2026

В Швейцарии находятся около 6% всех европейских запасов пресной воды

Швейцария занимает лишь очень скромную часть территории Европы, но на её долю приходится около 6% всех европейских запасов пресной воды. Ледники, озёра и реки представляют собой значительный природный ресурс, значение которого далеко выходит за пределы только этой страны. Река Тичино, например, впадает в итальянскую реку По, Рейн течёт дальше в направлении Германии и Нидерландов, Рона пересекает Францию и впадает в Средиземное море. Центральное географическое положение делает Швейцарию важным участником европейской водной дипломатии. Одновременно оно налагает на страну серьёзную ответственность: решения, принимаемые в Швейцарии, могут иметь последствия за сотни километров от её границ.

Кто получает воду первым во время засухи?

Самый сложный вопрос возникает тогда, когда воды становится мало – как в нынешнем году. Кому отдать приоритет? Домохозяйствам, которым вода нужна для бытовых нужд? Сельскому хозяйству для орошения? Гидроэлектростанциям? Или предприятиям, использующим воду для охлаждения оборудования? «Приоритеты расставляются и определяются исходя из критических потребностей, связанных с безопасностью, – говорит Кристиан Брето. – Но основа всего – это снабжение людей питьевой водой. Вода является фундаментальным правом человека, об этом нельзя забывать. Продовольственная и энергетическая безопасность идут только потом».

Проблема же заключается в том, что сейчас учёным и экспертам остро не хватает точных данных, которые могли бы позволить сделать вывод о фактическом потреблении воды: «Нам необходимо лучше понимать, сколько воды и на что расходуется, только тогда можно определить, когда и каким потребителям следует отдавать приоритет».

Рейн, Рона и Боденское озеро: где система уже работает

Водные ресурсы, которыми Швейцария делится с соседними странами, регулируются по-разному. В одних случаях государства уже создали хорошо работающие механизмы сотрудничества, в других сохраняются нерешённые противоречия. На севере и западе страны система в целом вполне неплохо отлажена. «Рейн, Дунай и Боденское озеро – примеры очень хорошо отлаженного трансграничного регулирования. Я бы даже назвал их образцовыми с точки зрения управления водными ресурсами, которыми пользуются сразу несколько стран».

На это указывает Кристиан Брето, который также является одним из руководителей кафедры ЮНЕСКО по гидрополитике при Женевском университете. Она была создана в 2015 году и работает в рамках Института наук об окружающей среде. По его словам, в указанных регионах существуют Совместные комиссии, а ответственность на случай кризиса чётко распределена между всеми игроками.

После многолетних переговоров Швейцарии недавно удалось добиться существенного прогресса и в отношениях с Францией. В 2025 году страны заключили два исторических соглашения по Женевскому озеру и по реке Рона. Переговоры начались ещё в 2011 году, когда Франция столкнулась с серьёзной засухой. «Такие соглашения позволяют заранее предотвращать возможные разногласия, которые из-за изменения климата становятся теперь всё острее, – говорит Кристиан Брето. – На их основе создаются постоянные площадки для консультаций, которые будут работать не только в обычных условиях, но и в кризисных ситуациях. Для большинства европейских рек такие договорённости уже существуют, а вот Рона долгое время оставалась исключением».

Лаго-Маджоре: вопрос остаётся открытым

К югу от Альп ситуация пока сложнее. Управление водными ресурсами озера Лаго-Маджоре до сих пор остаётся предметом разногласий между кантоном Тичино и Италией. Италия хотела бы поддерживать более высокий уровень воды в озере, с тем чтобы обеспечивать сельское хозяйство долины реки По достаточным объёмом воды для орошения. В кантоне Тичино опасаются, однако, что это повысит в районе города Локарно риск наводнений. В 2026 году власти итальянского региона Пьемонт обратились к Тичино с просьбой увеличить приток воды в Лаго-Маджоре, уровень которого уже некоторое время остаётся очень низким.

Кантональное правительство отказало, подчеркнув, что воды в озере сейчас недостаточно даже для удовлетворения собственных потребностей Тичино. По мнению Кристиана Брето, швейцарский федерализм в подобных ситуациях имеет свои преимущества, но и свои пределы. «Федерализм и принцип субсидиарности означают, что именно кантоны оказываются на переднем крае в случае необходимости наладить кризисное управление. Они лучше всех знают местные проблемы и механизмы добрососедских отношений с соседями за рубежом».

Однако, подчёркивает эксперт, когда местные разногласия превращаются в дипломатическую проблему, вмешиваться должна уже федеральная власть. «Такие вопросы очень быстро выходят на высший политический уровень. И тут федеральный центр должен активно поддерживать кантональные власти в переговорах с соседними государствами».

Тичино требует соглашения с Италией

В отличие от некоторых других трансграничных озёр, управление водными ресурсами Лаго-Маджоре сейчас не регулируется каким-то полноценным международным соглашением, например между Швейцарией и Италией. В отношении озера Лугано действует Конвенция 1955 года, соглашение между Швейцарией и Францией по Женевскому озеру также содержит конкретные количественные параметры. С тем чтобы устранить этот правовой пробел, депутат федерального парламента от кантона Тичино Бруно Сторми внёс депутатское предложение, которое поддержали ещё 28 парламентариев.

В этом документе Федеральному совету предлагается начать двусторонние переговоры с Италией и добиться «заключения справедливого и долгосрочного международного соглашения» по озеру. Позиция Берна, которую изложил министр окружающей среды Альберт Рёшти, осторожна, но однозначна: окончательное регулирование возможно только на основе соглашения между Швейцарией и Италией. При этом Федеральный совет не станет заключать такой договор против воли кантона Тичино.

Федеральное ведомство окружающей среды (Bundesamt für Umwelt, BAFU, входит в ведомство Рёшти) сейчас следит и за ситуацией, и за тем, чтобы согласованный на 2026 год тестовый режим регулирования водных ресурсов в озере не выходил за пределы параметров, безопасных для швейцарской территории.

Нужен ли наднациональный орган управления водными ресурсами?

Сейчас всё чаще и громче звучат предложения создать международный орган, который управлял бы водными ресурсами централизованно. Кристиан Брето относится к такой идее скептически. «Проблемы, связанные с засухой, сильно зависят от конкретной ситуации на местах. Я сомневаюсь, что для определения приоритетов и принятия подобных решений лучше всего подходит именно международный уровень».

По мнению Кристиана Брето, куда разумнее было бы делать ставку на гибкие двусторонние соглашения. На международном уровне уже существует множество механизмов, позволяющих закрепить основные правовые принципы, – от международно-правовых конвенций до Целей устойчивого развития ООН. Такие обязательства должны помогать государствам предотвращать кризисы или совместно действовать, когда они уже возникли.

Проблема же в том, что, по его словам, действенность международного права сейчас постепенно ослабевает. Всё чаще переговорные механизмы просто перестают работать, государства выходят из ранее подписанных соглашений. Поэтому Швейцария, опираясь на международный Центр водной дипломатии Женевский водный хаб (Geneva Water Hub [Внешняя ссылка](#)) и на программу Blue Peace, созданную с целью профилактики и предотвращения трансграничных водных конфликтов, сейчас старается продвигать идею использования воды как инструмента мира.

«Швейцария является признанным участником этой работы. Я надеюсь, что она и дальше будет последовательно развивать сотрудничество в водной сфере, а не ограничиваться только реагированием на чрезвычайные ситуации», – говорит Кристиан Брето.

Разногласий станет больше и в самой Швейцарии

Недавнее заявление Альберта Рёшти о намерении пересмотреть национальную стратегию управления водными ресурсами показывает, что этот вопрос становится в Швейцарии одним из приоритетных. «Мне очень интересно, как правительство намерено выстроить новый подход к управлению водными ресурсами на национальном уровне, – говорит Кристиан Брето. – Региональные и межкантональные противоречия будут ведь обостряться. Поэтому роль федеральной власти в урегулировании таких конфликтов будет становиться всё важнее».

Швейцарии, которую традиционно называют «водонапорной башней Европы», придётся научиться управлять ресурсом, которого уже не так много, как прежде. Придётся договариваться с кантонами и соседними странами, одновременно учитывая изменение климата, которое заметно меняет общие правила игры.

Что делает ЕС для решения проблемы растущего дефицита воды?¹⁵

Элизабет Хайнц

Рекордная жара этого лета привела к тому, что 38% территории Европы оказались охвачены засухой. Чрезмерное использование водных ресурсов, неэффективное управление ими и загрязнение нанесли ущерб озерам и рекам и усугубили проблему дефицита воды. На этом фоне Европейский союз (ЕС) начал рассматривать нехватку воды как серьезную чрезвычайную ситуацию.

Согласно индексу использования водных ресурсов Water Exploitation Index Plus (WEI+) Европейского агентства по окружающей среде (ЕАОС), водный стресс возникает в том случае, если используется 20% возобновляемых запасов пресной воды, тогда как при использовании 40% ресурсов речь уже идет о сильном водном стрессе. По данным Европейской комиссии, в настоящее время около 30% европейцев и 20% территории Европы ежегодно сталкиваются с нехваткой воды.

Нынешняя экстремальная жара усугубляет водный кризис в Европе, поскольку высокие температуры высушивают почву и сокращают сток в реках. При этом последствия жары накладываются на уже ослабленную систему управления водными ресурсами. Десятилетия загрязнения, чрезмерного водопотребления и нерационального управления нанесли серьезный ущерб водным ресурсам, в результате чего у ЕС остается все меньше резервов для противодействия нынешнему водному кризису.

В июне 2025 г. ЕС запустил Стратегию повышения устойчивости водных ресурсов, направленную на обеспечение водной устойчивости ЕС. Стратегия предусматривает защиту круговорота воды, развитие экономики, ориентированной на рациональное использование водных ресурсов, и обеспечение доступа к чистой и доступной по цене воде.

Депутат Европарламента от Прогрессивного альянса социалистов и демократов (S&D) и докладчик по Стратегии повышения устойчивости водных ресурсов в Европейском парламенте Томас Бахада отметил, что вода уже не должна рассматриваться исключительно как объект экологических инвестиций. По его словам, инвестиции в водные ресурсы являются одновременно инвестициями в благополучие людей, продовольственную

¹⁵ Источник: Elisabeth Heinz. What is the EU doing to tackle its growing water scarcity? / <https://www.euronews.com/my-europe/2026/08/11/what-is-the-eu-doing-to-tackle-its-growing-water-scarcity> Опубликовано 11.08.2026

безопасность Европы, общественное здравоохранение, экономическую конкурентоспособность и устойчивость. Он подчеркнул, что, если Европа будет недостаточно инвестировать в водные ресурсы уже сегодня, последствия этого ощутят не институты, а обычные граждане.

Почему водные ресурсы Европы истощаются?

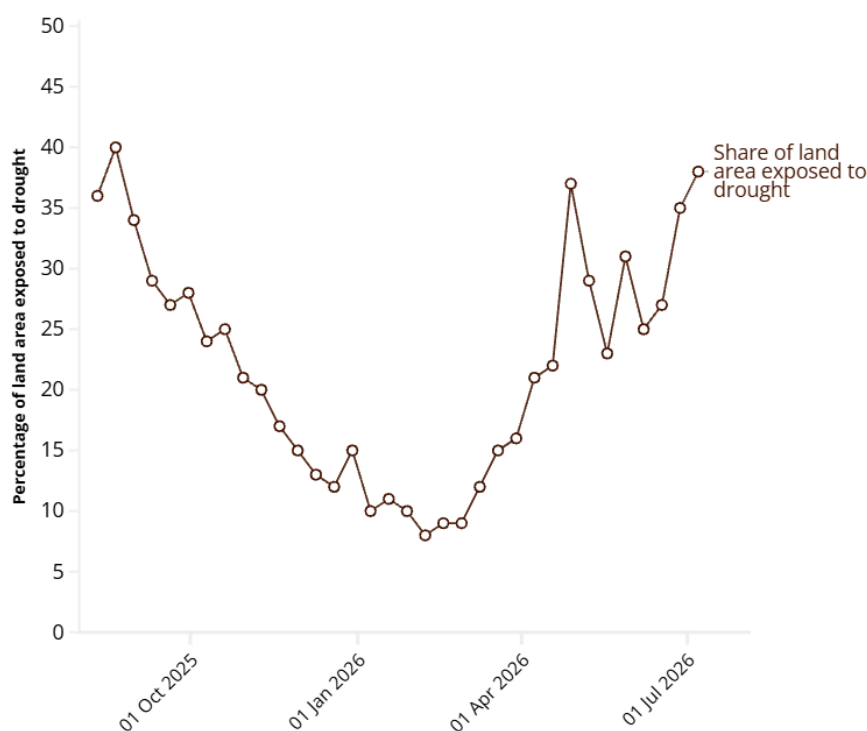
Нехватка воды возникает по разным причинам. Европа в значительной степени зависит от водных ресурсов для сельского хозяйства, промышленности и производства энергии, что приводит к их чрезмерному использованию. По данным Европейского агентства по окружающей среде (ЕАОС), общий объем водозабора в период с 2000 по 2023 гг. сократился на 14%. Однако ЕС по-прежнему ежегодно использует около 200 000 м³ воды, нередко превышая темпы ее естественного восполнения. Это приводит к сокращению речного стока и истощению запасов подземных вод, уменьшая объем доступной воды. Развивающиеся водоемкие отрасли, включая производство полупроводников и эксплуатацию центров обработки данных, увеличивают нагрузку на водные ресурсы. При этом повторное использование сточных вод могло бы сократить объем водозабора, однако в Европе перерабатывается только 2,4% сточных вод.

Кроме того, в Европе теряется около 23% очищенной воды из-за ненадлежащего управления сетями общественного водоснабжения, что приводит к сокращению объемов воды, поступающей потребителям. Бахада предупредил, что по всей Европе по-прежнему теряются огромные объемы очищенной питьевой воды из-за изношенных труб еще до того, как она поступает в дома и достигает кранов потребителей.

В отчете EurEau за 2026 г. отмечается незначительное снижение потерь воды в Европе – примерно до 23,5% по сравнению с 24% по данным исследования 2021 г. Однако государства-члены ЕС по-прежнему недостаточно инвестируют в поддержание и модернизацию водохозяйственной инфраструктуры. Наибольший объем инвестиций приходится на Германию – около 9 млрд евро в год, тогда как Франция инвестирует около 6,5 млрд евро, а Словения – всего около 100 млн евро. По данным Исследовательской службы Европейского парламента (EPRS), рост урбанизации и миграции приведет к увеличению спроса на воду, особенно в Северной и Западной Европе, что потребует модернизации и расширения водохозяйственной инфраструктуры.

Изменение климата усиливает эту тенденцию. Согласно данным программы ЕС по наблюдению за Землей Copernicus, температура в Европе повышается в среднем на 0,56 °C за десятилетие, что более чем вдвое превышает среднемировой показатель в 0,27 °C. Засухи становятся более частыми и затяжными: в 2024 г. они затронули 601 193 км² суши, повредив

33 518 км² лесов и 87 567 км² сельскохозяйственных угодий. Европейское агентство по окружающей среде (ЕЕА) прогнозирует, что к 2050 г. засухи усилятся, что приведет к увеличению испарения и дальнейшему сокращению доступных водных ресурсов.



Доля земель, подверженных засухе, в ЕС-27, 2025-2026 гг.

По мере истощения водных ресурсов проблема загрязнения становится более острой, что приводит к сокращению объема чистой и пригодной для использования воды. Европейское агентство по окружающей среде в комментарии для Euronews отметило, что качество подземных вод может ухудшаться из-за взаимосвязи между загрязнением и чрезмерным водозабором. В частности, при чрезмерной эксплуатации водоносного горизонта концентрация питательных и химических веществ может повышаться, поскольку загрязняющие вещества в меньшей степени разбавляются.

Стратегия повышения устойчивости водных ресурсов

Бахада отметил, что Стратегия повышения устойчивости водных ресурсов меняет принципиальный подход к воде и восприятие ее роли. По его словам, стратегия направлена на обеспечение долгосрочной водной безопасности Европы и предусматривает более 50 мероприятий. Специ-

альная система отслеживания контролирует их реализацию; согласно ее данным, три мероприятия уже завершены.

Стратегия направлена на борьбу с чрезмерным водозабором и деградацией почв посредством защиты количества и качества воды в рамках круговорота воды. Меры по восстановлению водосборных экосистем призваны укрепить их способность удерживать, очищать и высвобождать воду, одновременно поддерживая биоразнообразие. Общие показатели дефицита воды и системы раннего предупреждения позволяют отслеживать доступность водных ресурсов и риски засухи, повышая готовность к ним.

Для обеспечения качества воды стратегия предусматривает сокращение ее загрязнения и удаление загрязняющих веществ, попадающих в источники питьевого водоснабжения, что способствует защите здоровья населения. Более эффективное выполнение требований Рамочной директивы по воде должно способствовать улучшению экологического состояния рек и озер.

Принцип «приоритета водозэффективности» направлен на формирование экономики, ориентированной на рациональное использование водных ресурсов и сокращение водопотребления до того, как возникнет необходимость в поиске новых источников, таких как опреснение воды. ЕС поставил цель повысить водозэффективность на 10% к 2030 г., в том числе за счет повторного использования воды в сельском хозяйстве, промышленности и системах общественного водоснабжения. Стратегия также предусматривает ограничение водопотребления в экологически чистых промышленных и цифровых секторах посредством более эффективного планирования, сокращение утечек и потерь воды в системах общественного водоснабжения и усиление контроля за ее использованием.

План действий в области цифровых технологий в сфере водных ресурсов предусматривает модернизацию управления водными ресурсами с использованием инструментов, основанных на данных, включая интеллектуальные счетчики, прогнозирование с помощью искусственного интеллекта, спутниковый мониторинг влажности почвы, цифровые системы орошения и технологии обнаружения утечек

Бахада отметил, что целевой показатель повышения водозэффективности на 10% является важным политическим сигналом, а не конечной целью. По его словам, изменение климата по-разному влияет на различные регионы Европы, поэтому единый целевой показатель не может в равной степени подходить всем. Он призвал разработать отраслевые показатели эффективности, а также цели на уровне речных бассейнов, которые учитывали бы разнообразие видов водопользования и рисков в сельском хозяйстве, промышленности, водоснабжении и энергетике.

Последний компонент стратегии направлен на стимулирование использования водосберегающих продуктов посредством применения Регламента об экодизайне, а также на поддержку системы ценообразования на воду, учитывающей объем потребления и платежеспособность населения. Такой подход должен обеспечивать справедливый доступ к воде и способствовать формированию более рациональных привычек ее использования. Государства-члены должны информировать граждан о состоянии водных ресурсов и способах управления ими, чтобы обеспечить участие общественности в разработке национальных планов в сфере водных ресурсов.

Бахада считает, что инвестиции Европейского инвестиционного банка в размере 15 млрд евро в реализацию этой стратегии являются важным шагом, однако их недостаточно для решения проблемы водоснабжения в Европе в масштабах, соответствующих ее нынешнему уровню. Он пояснил, что устойчивость водоснабжения предполагает обеспечение семей доступом к водопроводной воде и возможность для фермеров продолжать производство продовольствия даже в условиях продолжительных засух. Именно поэтому Бахада выступает за создание специального бюджета на повышение устойчивости водоснабжения и считает необходимым сохранить водные ресурсы в числе приоритетов следующей многолетней финансовой программы ЕС.

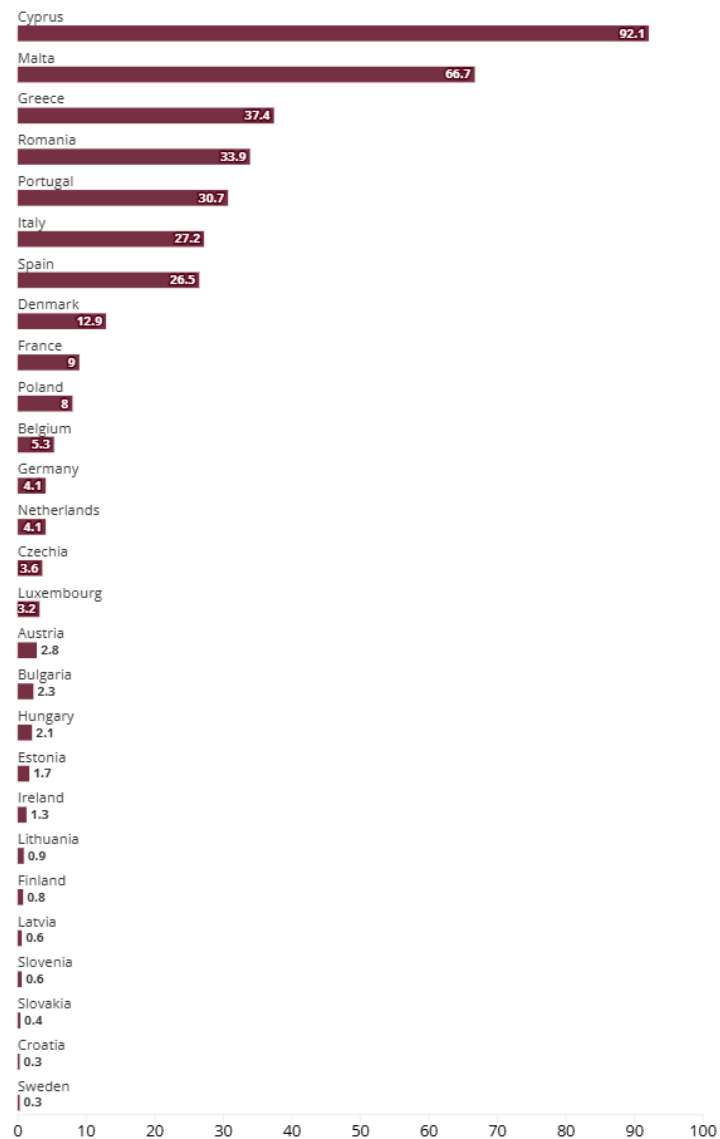
Какие страны страдают больше всего?

Южная Европа остается наиболее засушливым регионом Европы. Жаркий и сухой климат повышает потребность в воде, особенно в сельском хозяйстве, из-за чего в регионе используется значительная часть доступных запасов пресной воды, причем основная нагрузка на водные ресурсы приходится на самые жаркие месяцы.

Согласно отчету ЕАОС за 2025 г., в 2023 г. нехватка воды затронула 28% территории и 32% населения Европы. В Южной Европе около 30% населения постоянно сталкивается с дефицитом воды, а летом, когда из-за туризма, сельского хозяйства и бытового потребления спрос на воду возрастает, этот показатель достигает 70%. Для удовлетворения растущего спроса регион вынужден добывать значительные объемы невозобновляемых запасов подземных вод, что приводит к их дальнейшему истощению.

Больше всего от засухи страдают Кипр и Мальта. Согласно последним данным, в 2023 г. Кипр использовал 92,1% своих возобновляемых запасов пресной воды, а Мальта – 66,7%. В обоих случаях этот показатель превышал пороговое значение WEI+ в 40%, соответствующее сильному водному стрессу. По данным Европейского агентства по окружающей среде, в период с 2020 по 2024 гг. последствия засухи затронули 12,9% терри-

тории Кипра и 57,1% территории Мальты, тогда как в 2020 г. этот показатель для Мальты составлял 6,5%.



Сезонные условия дефицита воды в европейских странах в 2023 году, измеренные с помощью индекса водопользования (WEI+)

Для борьбы с дефицитом воды Кипр повторно использует почти 100% сточных вод, тогда как на Мальте этот показатель составляет лишь 5–10%. Оба острова также расширили мощности по опреснению морской воды, которые обеспечивают значительную часть их питьевого водоснабжения.

Северная и Центральная Европа сталкиваются с иными формами водного стресса, однако показатели этих регионов остаются ниже порога-

вого значения WEI+, используемого для оценки дефицита воды. В 2023 г. показатели WEI+ составили 0,3% в Швеции, 4,4% в Германии и 8% в Польше, что в значительной степени обусловлено спросом на воду со стороны промышленности и энергетики. По данным Европейского агентства по окружающей среде, переход на водосберегающие системы охлаждения и более эффективные виды топлива, внедрение технологических инноваций и использование отработанного тепла электростанций могут сократить объем водозабора до 95%.

Что означает нехватка воды для вас

На производство электроэнергии приходится 33% общего объема водозабора. Европейское агентство по окружающей среде поясняет, что снижение речного стока может негативно повлиять на производство электроэнергии на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях, зависящих от водных ресурсов. Кроме того, уменьшение глубины воды в реках с естественным течением может затруднить внутреннее судоходство. Электростанции могут быть вынуждены сократить объемы производства или полностью прекратить работу, что способно негативно отразиться на энергоснабжении населения и промышленности. Подобные последствия уже наблюдаются в Венгрии и Румынии. В Швеции атомная электростанция Рингхальс была вынуждена приостановить работу в июле 2018 г., когда температура морской воды достигла 25 °С.

На сельское хозяйство приходится 31% водозабора в Европе. Нехватка воды приводит к снижению урожайности, что влечет за собой экономические потери для фермеров и может иметь последствия для продовольственной безопасности и цепочек поставок. По данным Исследовательской службы Европейского парламента (EPRS), за последнее десятилетие потери урожая уже оказались более чем на 30% выше прогнозируемого уровня. В долгосрочной перспективе это может привести к росту цен на продукты питания и усилению инфляционного давления.

21% общего объема водозабора приходится на общественное водоснабжение. Именно в этой сфере граждане наиболее остро ощущают последствия нехватки воды, поскольку национальные власти могут вводить ограничения на ее использование для таких повседневных нужд, как мытье, санитария, приготовление пищи и полив садов. Особенно сильно такие ограничения затрагивают средиземноморские регионы. По данным ЕАОС, туристы увеличивают потребление воды на 300–2000 литров на человека в день по сравнению с местными жителями, которые в среднем потребляют 125 литров.



Общий объем водозабора по секторам экономики в периоды 2000-2009, 2010-2019 и 2020-2023 годов в странах ЕС-27

Европейское агентство по окружающей среде отметило в комментарии для Euronews, что крупные города, как правило, имеют планы подготовки к засухам и в первую очередь обеспечивают население питьевой водой. При этом небольшие муниципалитеты и домохозяйства, использующие частные колодцы, зачастую оказываются более уязвимыми к дефициту воды. В некоторых странах значительная часть населения зависит от частных источников водоснабжения, которые регулируются в меньшей степени и более подвержены последствиям нехватки воды.

На промышленное производство приходится 14% общего объема водозабора в ЕС. Дефицит воды нарушает работу водоемких отраслей, включая сталелитейную, бумажную и пищевую промышленность, и может приводить к остановке производства. Это сокращает доходы компаний, затрудняет погашение кредитов и создает риски для стабильности банковской системы. По данным Европейского центрального банка, 34% кредитов, выданных предприятиям еврозоны, приходится на финансирование водоемких отраслей.

В Европе выявили засоление тысяч километров рек¹⁶

Засоление пресной воды оказалось распространено по Европе значительно шире, чем считалось ранее. Международная группа исследователей обнаружила реки с более чем двукратным превышением природного уровня солёности в 28 из 35 стран, охваченных данными. Результаты первой оценки такого масштаба опубликованы в журнале *Nature Communications*.

Под солёностью в данном случае понимается не появление в реке морской воды, а увеличение концентрации растворённых ионов – натрия, калия, кальция, магния, хлоридов и сульфатов. Их суммарное содержание оценивали по электропроводности воды: чем больше в ней растворённых солей, тем лучше она проводит электрический ток.

Единого нормального значения для всех рек не существует. На электропроводность естественным образом влияют геология, почвы, испарение, количество осадков и близость моря. Например, водотоки в известняковых районах могут содержать много кальция без промышленного загрязнения.

Поэтому исследователи сначала рассчитали природный фон для каждого участка. Для этого были построены отдельные модели для внутренних и прибрежных рек. В качестве эталонов использовались наименее затронутые хозяйственной деятельностью водосборы, а в расчёт включались климат, рельеф, геология, гидрологические условия и свойства почв. Модели объясняли 89% изменчивости электропроводности внутренних и 95% – прибрежных эталонных участков, говорится в полном тексте работы.

Затем рассчитанный фон сравнили с наблюдаемыми значениями. Превышение на 11–50% обнаружено на 26% изученной речной сети, на 51–100% – на 14%. Ещё 9% сети попали в категорию сильного засоления с превышением фона на 100–500%, а примерно 1%, или около 3600 километров, – в категорию экстремального засоления более чем на 500%.

На отдельных участках разница между фактической и фоновой электропроводностью достигала 11 377 микросименсов на сантиметр. Ранее недостаточно описанные очаги модель выявила, в частности, в бассейнах Бега-Веке в Румынии и канала Шио в Венгрии. Среди уже известных проблемных территорий оказались бассейны рек Эбро в Испании, Мёрт во Франции, Верра и Виппер в Германии, а также прибрежные водотоки Бельгии, Нидерландов и Дании.

¹⁶ Источник: <https://nia.eco/2026/08/21/129758/> Опубликовано 21.08.2026

Более чем на 23 тысячах километров речной сети превышение относительно рассчитанного фона оказалось выше 1 миллисименса на сантиметр. Авторы сопоставили эту величину с международными ориентирами защиты пресноводной жизни. При таких уровнях может меняться состав диатомовых водорослей и донных беспозвоночных, сокращаться видовое разнообразие и нарушаться переработка органического вещества. Высокая солёность также способна создавать условия для токсичных цветений водорослей и массовой гибели рыбы.

Около 1% исследованной сети превышало ориентиры качества питьевой воды. Ограничения для орошения и промышленного использования могли возникать примерно на 3% сети. Эти доли невелики в масштабах Европы, но речь идёт о протяжённых водотоках и потенциальном воздействии сразу на экосистемы, водоснабжение и сельское хозяйство.

Основными антропогенными источниками солей авторы называют орошение, городские сточные воды, применение противогололёдных реагентов, добычу сырья и изменение землепользования. Однако модель не позволяет определить долю каждого источника на конкретном участке. Она обнаруживает совокупную связь засоления с хозяйственной нагрузкой.

Важную роль играют и природные условия. Одинаковое количество солей сильнее повышает их концентрацию в маловодной реке, чем в полноводной. Испарение, падение уровня грунтовых вод и сокращение стока способны дополнительно усиливать проблему.

Исследование опирается на GlobSalt – базу, объединяющую около 15 миллионов записей с 270 тысяч речных станций мира. Европейские наблюдения распределены неравномерно: наиболее полные сведения имеются для Германии, Франции и Швейцарии. На некоторых участках модель могла принять естественно солоноватую воду за результат человеческого воздействия. Авторы приводят пример французской реки Аржан, питаемой двумя солоноватыми источниками, особенность которых не была отражена в континентальном наборе факторов.

Работа не содержит отдельной количественной оценки российских рек, поэтому переносить европейские доли на территорию России нельзя. Но применимым остаётся сам подход: рост электропроводности следует оценивать относительно природного состава конкретного бассейна и одновременно анализировать сточные воды, орошение, добывающую деятельность, противогололёдные соли и изменение речного стока.

Технологии

Редкие спутниковые данные НАСА выявили существенные ограничения моделей наводнений¹⁷

Тесс Мэлоун

6 июня 2023 г. на юге Украины была разрушена Каховская плотина. Это привело к катастрофическому наводнению, из-за которого тысячи жителей были вынуждены покинуть свои населённые пункты. Уровень воды поднялся примерно на 10 футов (около 3 м) выше нормы.

Получить актуальные данные о большинстве наводнений, вызванных разрушением плотин или водохранилищ, так называемых прорывных наводнениях, практически невозможно. К тому времени, когда исследователи получают возможность безопасно добраться до места происшествия, зачастую остаются лишь последствия стихийного бедствия. Однако в случае с Каховским водохранилищем ситуация оказалась иной: в этот период в регионе проводил измерения недавно запущенный спутник НАСА. Это позволило получить уникальные снимки происходящего наводнения практически в режиме реального времени.

На основе этих наблюдений исследователи из Технологического института Джорджии проверили, насколько точно существующие модели прорывных паводков воспроизводят реальное событие. Результаты показали расхождение: модели систематически занижали масштабы наводнения. Даже усовершенствованные модели с трудом точно воспроизводили как высоту подъёма воды, так и временные параметры паводка.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что широко используемые модели наводнений могут не в полной мере отражать динамику крупных прорывных паводков. Авторы отмечают, что такие модели нуждаются в дальнейшем совершенствовании, чтобы их можно было более эффективно использовать для оценки опасности и планирования действий в чрезвычайных ситуациях.

¹⁷ Источник: Tess Malone. Rare NASA satellite data reveals major limits in flood models / <https://www.preventionweb.net/news/rare-nasa-satellite-data-reveals-major-limits-flood-models>
Опубликовано 13.08.2026

Проверка моделей на практике

Модели наводнений играют ключевую роль в оценке потенциальных последствий внезапных наводнений, в том числе числа жертв и экономического ущерба.

По словам Карла Ланга, доцента Школы наук о Земле и атмосфере, модели позволяют определить, какие населённые пункты могут пострадать от внезапного наводнения, а также оценить, как долго паводковые воды будут оставаться на затопленной территории. Он отметил, что во многих местах продолжительное затопление может быть столь же разрушительным, как и само первоначальное событие, поскольку способно повредить инфраструктуру, нарушить привычный уклад жизни и создать угрозу для здоровья населения.

Однако до недавнего времени у учёных не было возможности проверить точность этих моделей непосредственно по данным реального наводнения. Такая возможность появилась после запуска НАСА спутника *Surface Water and Ocean Topography (SWOT)*. Во время и после разрушения Каховской плотины спутник неоднократно пролетал над зоной затопления, проводя детальные измерения по всей территории поймы. SWOT оснащён двумя антеннами и использует метод интерферометрии, позволяющий измерять уровень воды с точностью примерно до 10 см в реках, озёрах, водно-болотных угодьях, водохранилищах и океанах.

По словам Тамлин Павелски, профессора Университета Северной Каролины в Чапел-Хилле, SWOT не фиксирует каждое наводнение, однако в тех случаях, когда это происходит, спутник предоставляет данные, необходимые для понимания того, как паводковые воды перемещаются по территории. Она отметила, что такие наблюдения помогают совершенствовать компьютерные модели, используемые для прогнозирования будущих наводнений.

Реальность против моделирования

Исследователи сравнили спутниковые наблюдения с результатами моделей, предназначенных для расчёта глубины и площади затопления. Они обнаружили, что модели, основанные на общедоступных глобальных данных, систематически занижали уровень паводковых вод и показывали более медленное распространение воды по сравнению с данными, полученными спутником SWOT.

Затем исследовательская группа усовершенствовала входные данные модели, включив более реалистичные оценки топографии водохранилища и речного дна. Эти изменения позволили приблизить результаты модели-

рования к реальным условиям, однако модели по-прежнему не могли одновременно точно воспроизвести высоту паводка и время его наступления.

По словам Карин Ленигк, постдокторанта и ведущего автора исследования, сбор фактических данных о таких масштабных наводнениях представляет серьёзную сложность, поскольку они носят локальный характер, непредсказуемы и сопровождаются огромной энергией. Она отметила, что благодаря ежедневным снимкам, которые система SWOT предоставляла по всей траектории распространения паводка, исследователям удалось сравнить результаты моделирования с реальными условиями в разных местах и в разные моменты времени. Ранее такие возможности существовали преимущественно в лабораторных условиях.

Результаты показывают, что ограничения моделей связаны не только с отсутствием более точных карт глубины водохранилищ или русел рек. Они указывают на более широкие проблемы, связанные с подходами к моделированию крупных паводков, вызванных прорывом плотин, и их распространения по сложным ландшафтам.

По мнению исследователей, в условиях, когда стареющая инфраструктура, экстремальные погодные явления и другие опасности повышают риск наводнений во многих регионах мира, совершенствование моделей имеет важное значение для эффективной подготовки населения к возможным наводнениям.

Учёные создали фотокатализатор для очистки морской воды от компонента солнцезащитных средств¹⁸

Учёные из Китая и Австралии разработали фотокатализатор, способный удалять из морской воды бензофенон-3 (BP-3, оксибензон) – УФ-фильтр, который используется в солнцезащитных средствах и косметике. Описание технологии опубликовано в Nature Communications.

Авторы создали модифицированный углеродом графитовый нитрид углерода – материал, который под действием света генерирует активную форму кислорода и запускает разрушение BP-3. В лабораторных условиях скорость разложения загрязнителя оказалась примерно в восемь раз выше, чем у исходного немодифицированного материала.

¹⁸ Источник: <https://nia.eco/2026/08/17/119111/> Опубликовано 17.08.2026

В опытах с имитацией солнечного света наиболее эффективный вариант фотокатализатора – Ru-CN25 – разрушал более 95% бензофенона-3 за 120 минут. Для обычного графитового нитрида углерода этот показатель составлял около 25%, а без катализатора за то же время распадалось лишь около 8% вещества.

Главную роль в реакции играет синглетный кислород – химически активная форма молекулярного кислорода, которая образуется на поверхности материала под действием света. Эксперименты с подавлением различных активных частиц подтвердили, что именно он является основным агентом разрушения ВР-3.

При этом загрязнитель не просто исчезал из раствора: содержание общего органического углерода за два часа снизилось почти на 60%, что указывает на частичную минерализацию вещества до более простых соединений.

Отдельно фотокатализатор испытали на настоящей морской воде, взятой у побережья Фуцзяни и Хайнаня в Китае, а также Нового Южного Уэльса в Австралии.

Во всех трёх образцах материал сохранял способность разрушать ВР-3, хотя скорость реакции различалась из-за солёности, состава растворённых веществ и других особенностей воды.

Это важно, поскольку фотокатализаторы нередко показывают хорошие результаты в чистых лабораторных растворах, но заметно теряют эффективность в реальной морской воде с высокой минерализацией и сложным химическим составом.

Вторая часть работы была посвящена воздействию бензофенона-3 на кораллы.

В экспериментах использовали мягкий коралл *Pachyclavularia* sp.. При росте концентрации ВР-3 у него снижалась плотность симбиотических зооксантелл – микроводорослей, которые живут в тканях кораллов и обеспечивают их значительной частью энергии.

После десяти дней воздействия ВР-3 в концентрации 7 мг/л кораллы находились в угнетённом состоянии: щупальца были втянуты, физиологические показатели ухудшились.

Затем их перенесли на субстрат, покрытый фотокатализатором. Через 21 день исследователи зафиксировали восстановление флуоресценции, раскрытие щупалец и улучшение состояния симбиотических водорослей.

На иллюстрации к работе, представленной на странице 44 статьи, хорошо видна эта последовательность: ухудшение состояния кораллов по-

сле воздействия ВР-3 и последующее восстановление после переноса на покрытый катализатором субстрат.

Чтобы материал не распространялся в воде в виде порошка, учёные закрепили его на подложке из обожжённой глины.

Такая конструкция одновременно уменьшает потерю частиц катализатора и может служить поверхностью для прикрепления кораллов. Авторы рассматривают это как потенциальную основу для сочетания очистки морской воды и восстановления рифовых экосистем.

После 15 последовательных циклов общей продолжительностью 30 часов эффективность удаления ВР-3 снизилась примерно на 9%, то есть материал сохранил большую часть исходной активности.

Несмотря на результат, речь пока идёт о лабораторной технологии, а не готовом способе очистки коралловых рифов.

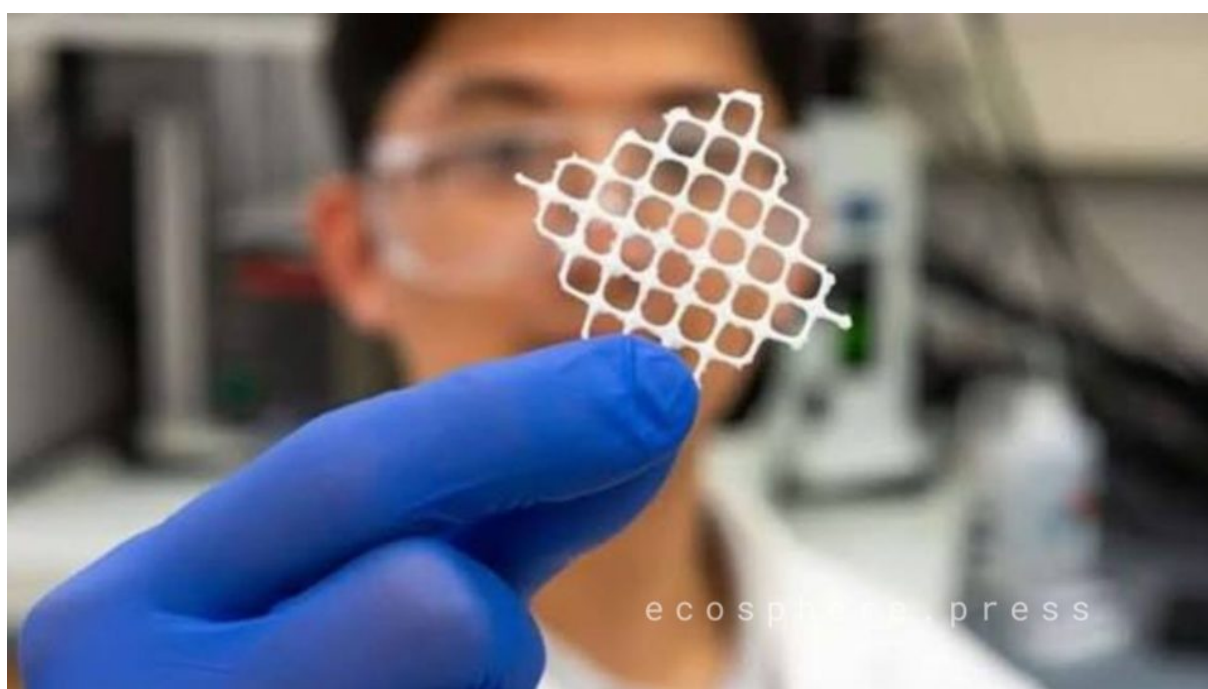
Эксперименты с кораллами проводились в контролируемых аквариумных условиях, а концентрация ВР-3 специально задавалась исследователями. Для практического применения ещё необходимо проверить долговечность материала в открытом море, его эффективность при реальных концентрациях загрязнителя, влияние на другие морские организмы и возможность масштабирования.

Авторы также оценивали токсичность продуктов распада ВР-3 преимущественно с помощью расчётной модели ECOSAR. Для большинства обнаруженных промежуточных соединений прогнозируемая токсичность была ниже, чем у исходного вещества, однако это ещё не заменяет полноценные экологические испытания.

Тем не менее работа показывает потенциально интересный подход: фотокатализатор может одновременно разрушать органический загрязнитель в морской воде и создавать поверхность, пригодную для восстановления кораллов.

Искусственные «шары Нептуна» могут очищать воду от микропластика¹⁹

Природа уже давно умеет собирать пластик из воды. Например, спутанные комки морской травы и водорослей задерживают пластиковые частицы между своими волокнами. Ученые из Университета штата Северная Каролина повторили этот принцип в искусственном материале – пористой «пушистой» сетке, которая способна одновременно улавливать микропластик разных размеров.



В основе разработки – два биополимера: альгинат, получаемый из бурых водорослей, и хитозан, который производят из панцирей ракообразных. Из них исследователи создали сетчатую структуру с очень тонкими разветвленными волокнами на поверхности. В результате материал напоминает пушистую сеть: крупные частицы застревают в ее ячейках, а мельчайшие прилипают к волокнам.

Именно сочетание двух механизмов позволяет решить одну из главных проблем очистки воды от микропластика. Обычная фильтрация хорошо задерживает крупные частицы, но для нанопластика нужны очень мелкие поры – а такие фильтры быстро забиваются и плохо пропускают воду.

¹⁹ Источник: <https://ecosphere.press/2026/08/20/iskusstvennye-shary-neptuna-mogut-ochishhat-vodu-ot-mikroplastika/> Опубликовано 20.08.2026

В лабораторных экспериментах новая сетка задерживала более 90% частиц по массе в диапазоне примерно от 300 нанометров до 100 микрометров. При этом отдельные элементы конструкции способны захватывать частицы вплоть до десятков нанометров, а сама сетка – более крупные фрагменты размером в миллиметры. Материал работал как в пресной, так и в соленой воде.

Исследователи также проверили материал не только на искусственных пластиковых частицах. В одном из экспериментов они использовали реальные пластиковые фрагменты, собранные на пляже Камило на Гавайях. Сетка массой 5 мг за время эксперимента удержала 11 мг пластика – более чем вдвое больше собственного веса.

Название научной работы – «Искусственные шары Нептуна». Так называют природные комки морской травы, которые формируются из переплетенных растительных волокон и способны удерживать пластик. Еще один природный источник вдохновения – плавающие скопления водорослей, в которых пластиковые частицы также могут застревать.

До промышленной очистки океанов этой разработке пока далеко. Все эксперименты проходили в лаборатории, причем концентрация пластика в воде была значительно выше естественной. Кроме того, ученым еще предстоит выяснить, как сетка будет вести себя в настоящей воде, покрытой органическими загрязнениями и заселенной микроорганизмами.

Тем не менее идея интересна именно своим многоуровневым устройством: вместо попытки создать один сверхтонкий фильтр ученые сделали материал, который работает сразу на нескольких масштабах. По сути, они не изобрели принцип очистки воды заново, а внимательно посмотрели, как это уже миллионы лет делает морская растительность.

Исследование опубликовано в журнале *Science Advances* 5 августа 2026 года.

Рисовую шелуху превратили в фильтр, который очищает воду от токсичных красителей²⁰

Миллионы тонн рисовой шелухи ежегодно становятся сельскохозяйственными отходами. Исследователи из Международного университета Флориды предложили использовать этот материал иначе: превратить его в пористый фильтр, способный удалять из воды синтетические красители, которые попадают в окружающую среду со сточными водами промышленных предприятий.

Рис – одна из главных сельскохозяйственных культур мира, а его зерна при переработке освобождают от твердой внешней оболочки. По данным исследователей, ежегодно образуется около 136 млн тонн рисовой шелухи. Обычно это побочный продукт производства, который приходится утилизировать. Проблема в том, что при сжигании шелуха может становиться источником загрязнения воздуха, а при неправильном хранении и утилизации – создавать дополнительные экологические риски.

Теперь ученые предлагают превратить этот отход в сырье для очистки воды. Сначала шелуху нагревают в условиях недостатка кислорода. В результате органический материал превращается в биоуголь – biochar, пористое вещество с большой площадью поверхности. Его многочисленные поры способны удерживать загрязняющие вещества на своей поверхности.

Но одного биоугля оказалось недостаточно. Исследователи дополнительно объединили его со слоистыми двойными гидроксидами магния и алюминия – материалами с многослойной структурой. Между слоями находятся заряженные ионы и молекулы воды. Такая комбинация усиливает способность материала связывать загрязнители.

Получившийся композит работает по принципу адсорбции. Это не просто механическая фильтрация: молекулы загрязнителя связываются с поверхностью материала. Благодаря высокой пористости биоугля и химическим свойствам его компонентов фильтр способен захватывать молекулы синтетических красителей из воды.

В лабораторных экспериментах ученые испытали материал на двух промышленных красителях – brilliant green и malachite green. Оба применяются в различных производственных процессах и используются в лабораториях как модельные загрязнители при разработке технологий очистки воды.

²⁰ Источник: <https://ecosphere.press/2026/08/20/risovuyu-sheluhu-prevratili-v-filtr-kotoryj-ochishhaet-vodu-ot-toksichnyh-krasitelej/> Опубликовано 20.08.2026

Особенно важным оказался другой результат: материал можно использовать повторно. В проведенных испытаниях один и тот же образец удалось применить как минимум пять раз без снижения эффективности. Это существенно меняет экологический профиль технологии: фильтр не обязательно превращается в одноразовый отход сразу после контакта с загрязненной водой.

Красители представляют серьезную проблему для водных экосистем. Их используют, в частности, в текстильной, кожевенной и бумажной промышленности, а также в аквакультуре. Попадая в водоемы, синтетические красители могут долго сохраняться в окружающей среде, уменьшать проникновение света в воду и нарушать работу водных экосистем. Некоторые из таких веществ токсичны, а отдельные соединения рассматриваются как потенциально канцерогенные.

Для водных организмов это означает больше, чем просто изменение цвета воды. Красители могут препятствовать прохождению солнечного света, необходимого для фотосинтеза водных растений и водорослей. В результате меняются условия существования всей пищевой сети. Поэтому удаление таких соединений до сброса промышленных стоков – важная задача водоочистки.

Интерес этой разработки еще и в том, что она одновременно решает две разные экологические проблемы. С одной стороны, используется сельскохозяйственный отход, который иначе пришлось бы утилизировать. С другой – полученный из него материал применяется для удаления загрязнителей из воды.

При этом называть материал универсальным очистителем пока рано. Исследования проводились в лаборатории, причем ученые использовали конкретные модельные красители. Следующий этап – проверить, насколько хорошо композит работает с другими красителями, тяжелыми металлами и другими загрязнителями, а также с реальными образцами сточных вод, где одновременно присутствует множество различных веществ.

Исследователи также оценили экологические последствия производства материала. Такой анализ важен: экологичная технология очистки не должна создавать сопоставимую или большую нагрузку уже на этапе своего изготовления. В данном случае использование отходов рисового производства позволяет рассматривать материал как пример подхода «от отходов к ресурсу» – когда побочный продукт одного процесса становится сырьем для решения другой экологической проблемы.

Работа опубликована в журнале *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Ее авторы рассматривают полученный композит как основу для дальнейшего создания недорогих и повторно используемых материалов для очистки воды.

Перевод: 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