



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

ГЛОБАЛЬНЫЕ ВОДНЫЕ РИСКИ:

между дефицитом и устойчивостью



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2026

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Глобальные водные риски: между дефицитом и устойчивостью

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.....	7
Рейтинг стран с самым высоким потреблением воды на человека	7
Паводки как ресурс: как в мире учатся превращать талую воду в запас	9
236 миллионов человек оказались под угрозой из-за оседания речных дельт	12
Пресная вода становится стратегическим ресурсом мировой экономики	15
Мир вокруг воды начинается с понимания скрытых причин конфликта	18
Не в количестве дело: почему сильные дожди не спасают мир от нехватки воды	25
80% рек Земли быстро теряют кислород.....	27
Станет ли вода ареной следующего геополитического противостояния?.....	29
Новое исследование предлагает эмпирическое правило для оценки устойчивости земель в речных дельтах	32
Дилемма плотин: как строить новые объекты, не повторяя прежних ошибок.....	34
Раскрытие потенциала «зелёной воды» для экономического роста и развития	38
Отслеживание скрытого пути воды через «живую оболочку» Земли	42
Цифровые технологии.....	48
Системы раннего оповещения должны эволюционировать в инструменты прогнозирования наводнений и защиты человеческих жизней	48
Азия	51

Плотины в верховьях: как Афганистан и Иран делят дефицитные водные ресурсы	51
Умирающая река в «библейской колыбели» напомнила о пророчествах конца света.....	52
Америка.....	54
Штаты Нижнего бассейна продвигают план по стабилизации реки Колорадо с экономией около 3,95 млрд м ³ воды до 2028 года	54
Американские водохозяйственные системы под давлением: растут расходы и возрастает неопределённость в водообеспечении	56
Расходы на цифровые решения в водном секторе США и Канады удвоятся к 2036 году на фоне масштабирования коммунальных систем	60
Океания	64
Реки для будущих поколений: знания и партнёрство в управлении речными бассейнами.....	64
Технологии.....	68
Учёные предложили более дешёвый способ очистки воды от «вечных химикатов»	68
Семена растения предложили использовать для очистки воды.....	69
Простая металлическая трубка позволяет прогнозировать засуху заблаговременно.....	70
Новый гидрогель добывает питьевую воду из воздуха только с помощью солнца.....	74
Дагестанские ученые создали «умные» фильтры для питьевой воды	75
Российские ученые создали сверхэффективный «фильтр» для очистки воды.....	77
Обнаружен способ очистки воды от органики за 90 минут	78
В МИСИС использовали магнитные наночастицы для очистки воды от красителей	79

Создан материал для «неисчерпаемой фляги» — он сам добывает
воду из воздуха, пока светит Солнце 81

Глобальные вопросы

Рейтинг стран с самым высоким потреблением воды на человека¹

Большая часть пресной воды в мире расходуется вовсе не в домашних хозяйствах. Основные объемы идут на выращивание сельскохозяйственных культур, охлаждение электростанций и нужды промышленности.

Инфографика ранжирует страны по объему ежегодного забора пресной воды на душу населения. В основе — данные глобальной информационной системы Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН по водным ресурсам и использованию воды в сельском хозяйстве, а также статистика Всемирного банка по численности населения. В расчеты включены объемы воды, используемой в сельском хозяйстве, промышленности и коммунальных системах.

Некоторые результаты выглядят неожиданно. Туркменистан занимает первое место с огромным отрывом благодаря масштабным ирригационным системам, связанным с выращиванием хлопка, а Черногория оказывается второй из-за крайне высокого водопотребления относительно небольшой численности населения.

Туркменистан занимает первое место с показателем 128 228 кубических футов воды (более 3631 кубического метра) на человека в год. Столь высокий уровень связан с гигантской сетью орошения, созданной для хлопководства в одном из самых засушливых регионов Центральной Азии.

Еще в советские времена каналы начали отводить воду из реки Амударья на засушливые сельскохозяйственные земли. Именно эти проекты стали одной из причин катастрофического обмеления Аральского моря.

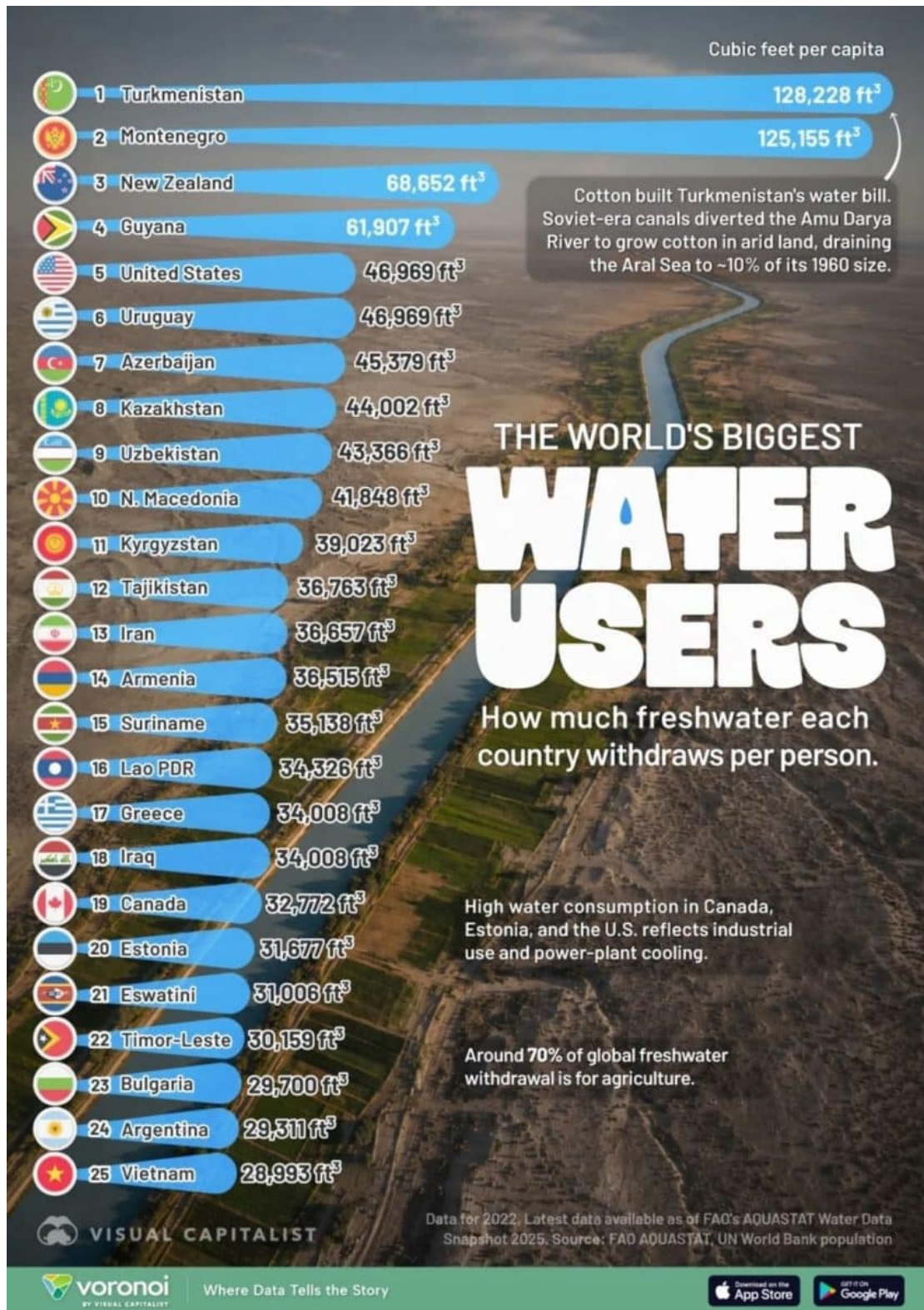
Сегодня около 70% мирового потребления пресной воды приходится на сельское хозяйство.

Именно поэтому среди стран с самым высоким расходом воды много государств с засушливым или полузасушливым климатом и развитым орошаемым земледелием. В первые пятнадцать стран рейтинга входят Азербайджан, Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан, Таджикистан и Иран.

Во всех этих государствах спрос на воду во многом определяется сельским хозяйством и масштабными системами отвода речной воды. А

¹ Источник: <https://naked-science.ru/community/1186448> Опубликовано 18.05.2026

при сравнительно небольшой численности населения показатели потребления на душу населения резко возрастают.



Рейтинг стран с самым высоким потреблением воды на человека

Однако не все страны из списка обязаны своими показателями исключительно сельскому хозяйству. США занимают пятое место, а Канада и Эстония также входят в топ-20. В этих странах высокий объем забора воды часто связан с промышленным производством и охлаждением электростанций. Такое использование воды отличается от бытового потребления. Значительная часть воды, применяемой для охлаждения, позже возвращается в реки и озера, однако сама система все равно создает серьезную нагрузку на местные водные ресурсы.

Рейтинг по потреблению воды на душу населения может резко расти в небольших странах, если крупные ирригационные или промышленные системы распределяются на относительно малое число жителей. Например, Черногория с населением всего 627 702 человека занимает второе место — 125 155 кубических футов воды (3543 кубических метра) на человека.

Паводки как ресурс: как в мире учатся превращать талую воду в запас²

Паводки традиционно воспринимаются как стихийное бедствие, однако в мировой практике всё чаще звучит другой подход — рассматривать талую и паводковую воду как ресурс. Сегодня многие страны стараются не просто отводить избыточные потоки, а использовать их для пополнения запасов воды, снижения рисков засух и поддержки экосистем.

Паводок как элемент водной политики

Современная водная политика всё чаще строится на принципе управления, а не только защиты. Речь идёт о том, чтобы заранее предусмотреть, куда направить избыточную воду в период половодья. Это могут быть природные поймы, сельскохозяйственные земли, накопители или зоны, где вода постепенно уходит в грунт. Такой подход позволяет не терять ресурс, который раньше считался исключительно угрозой.

² Источник: <https://rus.baq.kz/pavodki-kak-resurs-kak-v-mire-uchatsya-prevrashchat-taluyu-vodu-v-zapas-320023740/> Опубликовано 22.04.2026

Международные эксперты подчёркивают, что именно сочетание борьбы с паводками и накопления воды становится ключевым элементом устойчивого водопользования, особенно в условиях изменения климата.

Калифорния: подземные «водные банки»

Один из наиболее системных примеров реализуется в Калифорнии. Здесь внедряется модель, при которой паводковые и талые воды направляются в специальные зоны для пополнения подземных вод. Избыточные потоки распределяются по сельхозугодьям и природным территориям, где вода постепенно просачивается в грунт.

Таким образом формируются подземные запасы, которые можно использовать в засушливые периоды. Этот подход одновременно снижает риск наводнений и повышает устойчивость водоснабжения, превращая водоносные горизонты в своего рода естественные резервуары.

Нидерланды: жить вместе с водой

Европейский подход ярко иллюстрирует опыт Нидерландов. Страна, исторически страдающая от наводнений, изменила стратегию и отказалась от исключительно оборонительной модели. Вместо этого была принята концепция «дать реке место».

В рамках этой политики расширяются русла рек, создаются дополнительные каналы и зоны временного затопления. Вода получает пространство для разлива, что снижает давление на инфраструктуру и одновременно позволяет использовать паводковые потоки как часть природного водного цикла. При этом улучшается состояние экосистем и снижается риск катастрофических наводнений.

Южная Азия: возвращение воды в землю

В странах Южной Азии активно развивается подход, при котором паводковая вода используется для пополнения подземных запасов. В период обильных осадков и половодья вода направляется в специальные зоны, где она уходит в водоносные горизонты.

В дальнейшем эта вода используется для орошения в засушливые периоды. Такой подход позволяет сгладить сезонные колебания и снижает зависимость сельского хозяйства от нестабильных осадков.

Городская инфраструктура: удержать воду на месте

В городах акцент делается на удержании воды там, где она образуется. Для этого используются природоориентированные решения, которые позволяют замедлить сток и дать воде время впитаться в почву.

Такие системы помогают разгрузить ливневую канализацию, уменьшают риск подтоплений и одновременно способствуют пополнению подземных вод. В результате даже обычные осадки и талая вода становятся частью управляемого водного баланса.

Для Казахстана тема использования паводковых вод имеет особое значение. С одной стороны, страна ежегодно сталкивается с весенними подтоплениями, с другой — испытывает дефицит воды в летний период, особенно в сельском хозяйстве.

В этих условиях талая вода может рассматриваться как дополнительный ресурс. Речь идёт не только о строительстве водохранилищ, но и о более гибких решениях, включая пополнение подземных вод, использование пойм и развитие локальных накопительных систем.

Эксперты отмечают, что сельское хозяйство остаётся крупнейшим потребителем воды, а значит любые меры по увеличению её доступности напрямую влияют на продовольственную безопасность и экономику.

Мировой опыт показывает, что эффективное использование паводков требует системного подхода. Важна не только инфраструктура, но и планирование, мониторинг, а также чёткое распределение водных ресурсов.

Там, где половодье интегрировано в водную политику, оно перестаёт быть исключительно угрозой. Паводок становится частью управляемой системы, которая помогает накапливать ресурсы и снижать климатические риски.

236 миллионов человек оказались под угрозой из-за оседания речных дельт³

Исследователи из Вирджинского технологического университета и Калифорнийского университета в Ирвайне проанализировали состояние 40 крупнейших речных дельт мира. Выяснилось, что скорость их оседания значительно превышает темпы повышения уровня Мирового океана, что создает критическую угрозу затопления для 236 миллионов человек уже в ближайшие годы.

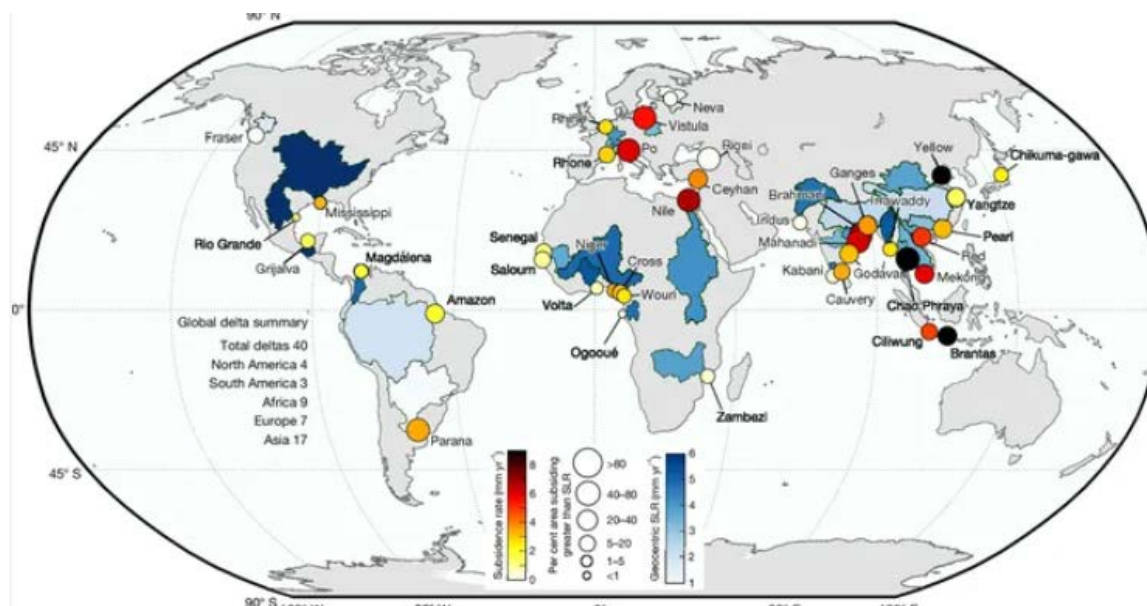
Эффект «губки»

Чтобы лучше понять физику процесса, можно представить дельту как гигантскую влажную губку, состоящую из слоев песка, глины и ила. В естественном состоянии поры этой губки заполнены водой под давлением, которая поддерживает объем и высоту структуры. Когда человек начинает выкачивать воду через скважины, давление внутри «губки» падает, и под тяжестью вышележащих слоев и зданий поры схлопываются. Этот процесс часто является необратимым: даже если позже закачать воду обратно, спрессованная порода уже не восстановит прежний объем. Именно поэтому в таких городах, как Бангкок или Джакарта, отдельные районы опускаются на несколько сантиметров в год — это в десятки раз быстрее, чем глобальный подъем уровня моря, который составляет в среднем около 3,5 миллиметров в год. При этом строительство тяжелой городской инфраструктуры на таких нестабильных грунтах лишь ускоряет «вдавливание» суши в океан.

Использование передовых спутниковых радиолокационных систем позволило ученым создать точные карты изменения высоты земной поверхности с разрешением 75 квадратных метров на пиксель.

Анализ охватил дельты на пяти континентах, включая такие гигантские системы, как Ганг, Меконг, Нил и Миссисипи. Результаты оказались тревожными: практически в каждой исследованной области обнаружены участки, где суша буквально проваливается.

³ Источник: <https://www.techinsider.ru/news/news-1732695-236-millionov-chelovek-okazalis-pod-ugrozoi-iz-za-osedaniya-rechnyh-delt/> Опубликовано 22.04.2026

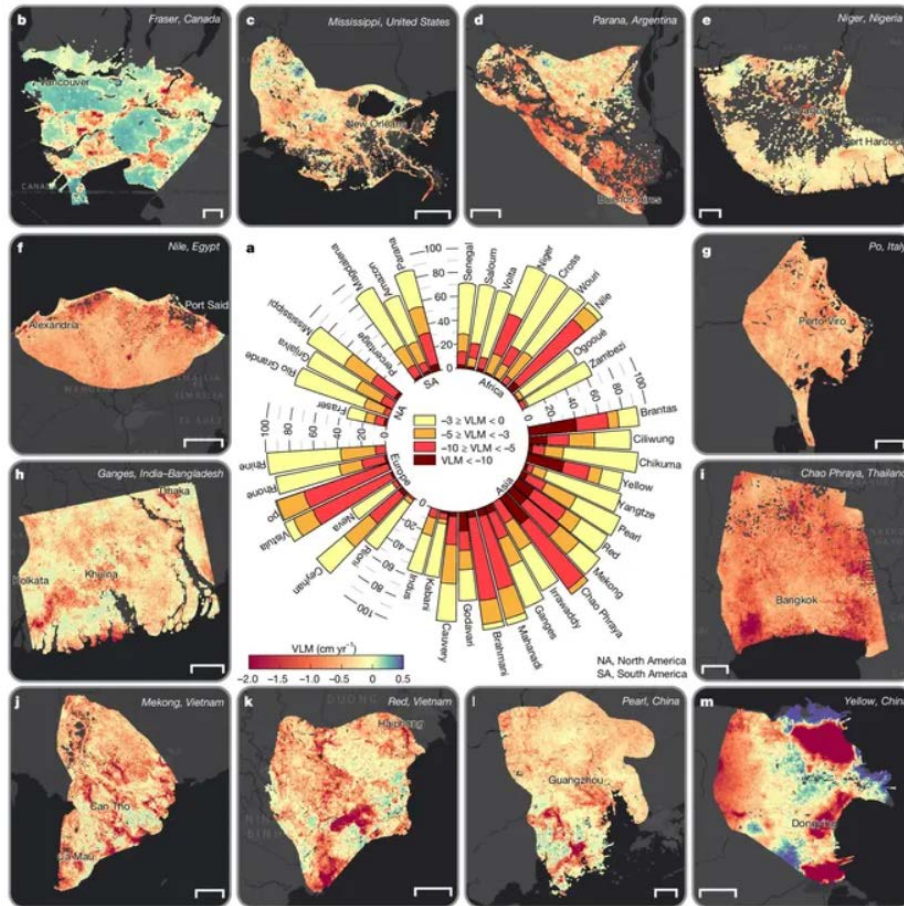


Оседание грунта в дельтах по всему миру. Каждый кружок обозначает местоположение одной из 40 дельт, проанализированных в рамках исследования; кружки раскрашены в соответствии со средней скоростью оседания земли

В 18 дельтах из 40 скорость этого процесса, уже сегодня выше, чем подъем воды в океане. Это означает, что для жителей прибрежных регионов угроза наводнений нарастает не столько из-за таяния ледников, сколько из-за деградации самой почвы под их ногами. Проблема затрагивает как густонаселенные азиатские мегаполисы, так и сельскохозяйственные угодья в дельтах Хуанхэ или Чаопрайи, где интенсивное использование ресурсов нарушает геологическую стабильность. Работа опубликована в журнале Nature.

Антропогенный фактор и механизмы разрушения

Главной причиной стремительного оседания территорий признана деятельность человека, в первую очередь — бесконтрольная откачка грунтовых вод для нужд сельского хозяйства и промышленности. Когда водоносные горизонты пустеют, пласты грунта уплотняются и проседают.



a. Доля каждой дельты, подверженной различной скорости оседания. Обратите внимание, что на каждом гистограмме представлены только оседающие участки, а участки поднятия в пределах каждой дельты опущены, чтобы подчеркнуть масштабы потери высоты.

b–m. Пространственные карты скоростей VLM для рек Фрейзер (Канада) (b), Миссисипи (США) (c), Парана (Аргентина) (d), Нигер (Нигерия) (e), Нил (Египет) (f), По (Италия) (g), Ганг–Брахмапутра (Индия–Бангладеш) (h), Чао Прайя (Таиланд) (i), Меконг (Вьетнам) (j), Красная река (Вьетнам) (k), Жемчужная река (Китай) (l), Жёлтая река (Китай) (m). Положительное значение VLM (зелено-фиолетовые оттенки) указывает на поднятие или повышение высоты, тогда как отрицательное значение VLM (желто-оранжево-красные оттенки) указывает на оседание земли. Фоновое изображение на рисунках *b–m* — Esri, streets-dark. Масштабные линейки: 5 км (b); 50 км (c, f, h, j); 20 км (d, e, i, k, l, m); 10 км (g).

Ситуацию усугубляет «осадочное голодание»: плотины и дамбы выше по течению удерживают речной песок и ил, которые раньше естественным образом укрепляли берега. «Когда грунтовые воды откачиваются или осадки не достигают побережья, поверхность земли опускается», — поясняет соавтор исследования Сюзанна Верт.

По ее словам, эти процессы напрямую связаны с деятельностью человека, а значит, и способы решения проблемы находятся в наших руках. Без изменения подхода к водопользованию и управлению речными стоками многие прибрежные районы могут стать непригодными для жизни гораздо раньше, чем предсказывали климатические модели, ориентированные только на подъем океана.

Пресная вода становится стратегическим ресурсом мировой экономики⁴

Пресная вода становится стратегическим ресурсом мировой экономики, сопоставимым по значению с нефтью и зерном. Об этом говорится в докладе Института изучения мировых рынков Росконгресса «Рынок пресной воды: природные запасы, технологии и геополитическая игра», опубликованном в апреле 2026 года.

По данным доклада, более 2 млрд человек на Земле уже испытывают сильный дефицит воды, а около 4 млрд — почти половина населения планеты — сталкиваются с острой нехваткой как минимум один месяц в году. Высокий уровень водного стресса отмечается в половине из 100 крупнейших городов мира, при этом 38 из них, включая Пекин, Нью-Йорк и Дели, находятся в регионах с чрезвычайно высоким уровнем водного стресса.

На фоне роста населения, урбанизации и промышленного спроса глобальное потребление воды к 2050 году может увеличиться на 20–33% по сравнению с уровнем 2010 года. При этом вода остаётся крайне неравномерно распределённым ресурсом: хотя она покрывает около 71% поверхности Земли, только примерно 2,5% мировых водных запасов приходится на пресную воду. Из этой доли почти 69% сосредоточено в ледниках и ледяных шапках, около 30% — в подземных водах, а на наиболее доступные поверхностные воды в реках, озёрах и болотах приходится лишь около 1%.

⁴ Источник: <https://nia.eco/2026/04/30/113770/> Опубликовано 30.04.2026

В докладе отмечается, что крупнейшие запасы пресной воды за пределами Арктики и Антарктики расположены в так называемом «третьем полюсе» — регионе Тибетского нагорья и окружающих горных систем, включая Гималаи, Гиндукуш, Каракорум, Памир и Тянь-Шань. От талой воды из этого региона зависит примерно 16–25% населения мира. Крупнейшим резервуаром пресной воды в Северном полушарии назван Гренландский ледяной щит площадью около 1,7 млн кв. км.

Наиболее уязвимым к дефициту воды регионом остаются Ближний Восток и Северная Африка. В странах Персидского залива, где многие государства не имеют рек с постоянным стоком, ключевым источником водоснабжения становится опреснение. Вдоль побережья Персидского залива работает более 400 опреснительных установок, которые дают около 40% мирового объема опреснённой воды. В Катаре опреснение обеспечивает 99% питьевой воды, в Бахрейне — более 90%.

Основным потребителем пресной воды остаётся сельское хозяйство. По данным ФАО, в 2022 году на него приходилось 72% общемирового забора воды, на промышленность — 15%, на муниципальный и бытовой сектор — 13%. Подземные воды обеспечивают примерно половину воды, забираемой для бытовых нужд, и около четверти воды, используемой для орошения.



Дефицит воды напрямую влияет на продовольственную безопасность. В докладе со ссылкой на World Resources Institute говорится, что четверть мировых сельскохозяйственных культур выращивается в районах с крайне нестабильным или ненадёжным водоснабжением. Особенно уязвимы рис, пшеница и кукуруза, обеспечивающие более половины потребляемых в мире калорий. Около трети этих культур выращивается с использованием водных ресурсов с высоким уровнем стресса или нестабильности.

Водный фактор становится важным и для промышленности. Среди наиболее водоёмких секторов после сельского хозяйства в докладе названы индустрия моды, электроника и энергетика. Отдельно отмечается рост потребления воды дата-центрами: Международное энергетическое агентство прогнозирует, что оно увеличится примерно с 560 млн куб. м в 2023 году до 1,2 млрд куб. м к 2030 году. Такой объём сопоставим с годовым потреблением города с населением около 7,5 млн человек.

Нехватка воды также влияет на мировую торговлю и логистику. В докладе приводятся примеры снижения уровня воды в Рейне, засухи на Тайване, проблем с поставками ячменя и хмеля в Южной Африке, ограничений в Панамском канале и нарушения речного транспорта в бассейне Амазонки. В каждом из этих случаев водный дефицит приводил к сбоям в цепочках поставок, росту расходов или снижению производства.

Отдельный раздел доклада посвящён технологиям генерации воды. Среди ключевых решений названы повторное использование воды, опреснение, извлечение геотермальной воды и влаги из атмосферы, а также сбор воды из тумана и росы. В мире действует около 21 тыс. опреснительных установок, которые производят примерно 110 млн куб. м воды в день. Крупнейшие мощности расположены в Саудовской Аравии, ОАЭ и Израиле, также растут мощности в США, Индии и Китае.

При этом опреснение связано с экологическими ограничениями. В докладе указывается, что рассолы, образующиеся при работе установок, часто сбрасываются обратно в моря, повышая солёность и меняя состояние морских экосистем. Кроме того, опреснение остаётся энергоёмким процессом. На этом фоне страны с высоким уровнем солнечной активности и дефицитом пресной воды развивают технологии солнечного опреснения, однако эффективность таких систем пока остаётся ограниченной и зависит от погодных условий.

Вода всё чаще становится фактором международной политики. В докладе отмечается рост числа конфликтов, связанных с водными ресурсами. По данным Pacific Institute, в 2024 году было зафиксировано 420 таких конфликтов — рекордное значение. Среди наиболее чувствительных

направлений названы бассейны Тигра и Евфрата, Нила, Иордана и Инда, а также Гренландия, обладающая значительными запасами пресной воды.

Авторы доклада также указывают, что удары по водной инфраструктуре могут использоваться как инструмент давления в конфликтах. Особенно уязвимыми названы страны, зависящие от опреснительных установок: повреждение таких объектов может привести не только к социальным и экономическим последствиям, но и к экологическому ущербу из-за возможного выброса химических веществ в окружающую среду.

Мир вокруг воды начинается с понимания скрытых причин конфликта⁵

Аниса Доти, Эмма Хакала

Анализ конфликтов как основа водной дипломатии

В условиях дестабилизации глобального гидрологического цикла и усиления геополитической напряжённости споры о водных ресурсах уже не сводятся исключительно к проблеме их дефицита. На них всё больше влияют политические факторы, восприятие сторон и соотношение сил. В этой связи анализ конфликтов приобретает ключевое значение для водной дипломатии. Без него усилия в данной сфере могут привести к неверной оценке ситуации, росту недоверия и непреднамеренным негативным последствиям. Напротив, его использование позволяет сформировать необходимую аналитическую базу для обеспечения устойчивой водной безопасности.

Во всех регионах мира наблюдается обострение споров, связанных с водными ресурсами. Исследования показывают, что такие конфликты редко возникают исключительно из-за физического дефицита воды. Чаще их причинами становятся неравный доступ к водным ресурсам, неэффективное или исключаящее управление, а также конкурирующие экономические интересы. Изменение климата выступает в роли мультипликатора угроз, ускоряя экологические потрясения, усиливая политическую напря-

⁵ Источник: Anisa Doty, Emma Nakala. To build peace around water, we must first understand the conflict beneath it / <https://www.waterdiplommat.org/story/2026/03/build-peace-around-water-we-must-first-understand-conflict-beneath-it?b=water-diplomat&r=/story/2025/09/enhancing-climate-resilience-through-innovative-collaboration> Опубликовано 30.03.2026

жённость и обостряя асимметрию сил быстрее, чем системы управления успевают адаптироваться (Kåresdotter et al., 2025).

Около 40 % населения мира проживает в трансграничных речных бассейнах, которые разделяются более чем 150 странами и охватывают около 60 % мировых запасов пресной воды. Однако лишь примерно 59 % таких бассейнов регулируются действующими соглашениями о сотрудничестве, а во многих государствах до сих пор отсутствуют комплексные механизмы управления. В результате водохозяйственные системы с недостаточной эффективностью управления становятся зонами недоверия, институциональной эрозии и, в отдельных случаях, открытой конфронтации (Программа ООН по окружающей среде, Европейская экономическая комиссия ООН и ЮНЕСКО, 2024).

Как отмечает издание *The Water Diplomat*, вопросы воды, мира и безопасности в настоящее время занимают центральное место в глобальной повестке безопасности («*The Water Diplomat*», 2025). При этом проблема выходит далеко за рамки дефицита водных ресурсов и затрагивает политические и социальные силы, определяющие доступ к воде, распределение полномочий и легитимность управления. В условиях нарастающей нестабильности глобального гидрологического цикла и всё более активного оспаривания основанного на правилах международного порядка водная дипломатия, учитывающая конфликтные факторы, становится не просто одним из возможных подходов, а необходимым инструментом.

Несмотря на растущую институционализацию сотрудничества в сфере трансграничных водных ресурсов, анализ конфликтов по-прежнему остаётся недостаточно развитой практикой и нередко рассматривается скорее как ситуативный инструмент, чем как системный подход (Döring et al., 2024). Между тем он является основой эффективных переговоров, укрепления доверия и долгосрочного миростроительства. Если водная дипломатия — это сцена, то анализ конфликтов можно рассматривать как сценарий, определяющий ход взаимодействия.

Водная дипломатия требует политического анализа, а не только гидрологических данных

«Водная дипломатия» представляет собой сочетание технических знаний и дипломатической практики, направленное на предотвращение, смягчение и урегулирование конфликтов, связанных с совместным использованием водных ресурсов. По своей природе она носит политический характер, поскольку формируется под влиянием межведомственных повесток, трансграничной чувствительности, рыночного давления и асиммет-

рии власти. Гидрологические данные позволяют определить масштаб проблемы и её последствия, тогда как политический анализ помогает понять, почему возникают конфликты, чьи интересы они затрагивают и какой ценой могут быть решены.

Финский инструмент анализа конфликтов в сфере водной дипломатии, разработанный Финской платформой по водной дипломатии, подчёркивает необходимость предварительного анализа экологической, социальной и институциональной динамики перед принятием мер (Mustasilta & Nakala, 2024). Этот подход соотносится с концепцией водной дипломатии Ислама и Сасскинда (2012), в которой водные конфликты рассматриваются как сложные, неопределённые и динамичные системы, не поддающиеся решению исключительно техническими средствами. Финский инструмент акцентирует внимание на роли воды в конфликтной динамике, анализируя модели водопользования и управления в контексте конкретной региональной ситуации.

Аналогичным образом Клименс и Яари (2019) показывают, что гидрополитическая напряжённость обусловлена не столько физическим дефицитом воды, сколько несогласованностью систем управления, асимметричным распределением выгод и расхождением политических интересов. В этой связи в рамках водной дипломатии политика должна рассматриваться как исходный аналитический фактор — не как второстепенное обстоятельство, а как ключевое основание для анализа. Однако многие трансграничные инициативы по-прежнему сохраняют преимущественно технократический характер, сосредотачиваясь на моделях распределения и объёмах воды, а не на политических стимулах и механизмах укрепления доверия. Без структурированного анализа конфликтов переговоры рискуют привести к соглашениям, которые не выдержат столкновения с политической реальностью. Техническое сотрудничество, оторванное от контекста, превращается в практику, основанную на неопределённости.

Анализ конфликтов как ключевой диагностический инструмент в водной дипломатии

Анализ конфликтов позволяет специалистам выйти за рамки технических показателей и формальных соглашений и сосредоточиться на стимулах, опасениях и восприятиях, формирующих поведение сторон. Он помогает прояснить потребности и интересы, лежащие в основе заявленных позиций участников, а также выявить факторы, способствующие возникновению напряжённости.

Финский инструментарий структурирует данный анализ по четырём уровням: профиль конфликта, участники, факторы конфликта и динамика (РАСД). Он представляет собой адаптацию более ранней модели, разработанной организацией International Alert (2004). В этой модели водный фактор рассматривается во всех измерениях конфликта, а не как отдельная изолированная категория. Такой подход позволяет избежать узкого понимания ситуаций исключительно как «водных конфликтов» или предположения, что вода является единственной причиной противостояния. Напротив, инструмент подчёркивает, каким образом водные факторы пересекаются с более широкой динамикой мира и конфликта, включая межсекторальные взаимосвязи, такие как взаимозависимость воды, продовольствия и энергетики, а не сводит их лишь к вопросам управления окружающей средой или природными ресурсами.

Как отмечают Рамсботтом и др. (2024) в книге *«Современное урегулирование конфликтов»*, миротворческие усилия терпят неудачу, когда их участники неверно интерпретируют причины конфликта. При отсутствии чёткого анализа мотиваций и восприятий сторон внешние инициативы рискуют лечить симптомы, а не устранять первопричины. Аналогичным образом в своей фундаментальной работе *«Экологическое миротворчество»* Конка и Дабелко (2002) предупреждают, что игнорирование политических подводных факторов в конфликтах за ресурсы может превратить риторику сотрудничества в «показную дипломатию», а не в подлинное взаимодействие, способное привести к трансформации.

Что даёт анализ конфликтов

1. Функция раннего предупреждения

Анализ динамики конфликтов позволяет выявлять ранние признаки эскалации, фиксируя точки напряжённости, связанные с инфраструктурными ограничениями, демографическим давлением и политическими изменениями. Недавние исследования Объединённого исследовательского центра Европейской комиссии демонстрируют, что подобный мониторинг способен выявлять возникающие риски, особенно в случаях, когда проблемы государственного управления или уязвимости критически важной инфраструктуры пересекаются с политической нестабильностью. Полученные данные позволяют перейти от реактивного антикризисного управления к подлинно превентивной дипломатии, предоставляя специалистам возможность действовать до того, как споры перерастут в открытое противостояние.

2. Соблюдение принципа «не навреди»

Концепция Мэри Андерсон «Не навреди» предупреждает, что даже меры, направленные на укрепление мира, могут непреднамеренно усугубить существующие противоречия или породить новые источники напряжённости. Неравномерное распределение инфраструктуры или гуманитарной помощи может усиливать чувство несправедливости и недовольства, в связи с чем анализ конфликтов становится критически важным инструментом при разработке инициатив, направленных на укрепление социальной сплочённости.

3. Создание условий для трансформаций

Теория трансформации конфликтов Джона Пола Ледераха утверждает, что устойчивый мир формируется через перестройку отношений, а не через подавление противоречий. Такой процесс начинается с тщательного анализа конфликта, учитывающего не только текущую ситуацию, но и глубинные структурные причины, контекст и источники напряжённости. Руководствуясь этим подходом, водная дипломатия может переосмыслить роль воды, превращая её из объекта спора в общий элемент безопасности, способный объединять сообщества через взаимозависимость, а не разделять их.

Анализ конфликтов на практике: содействие процессам на Южном Кавказе и за его пределами

Финский инструмент анализа конфликтов был разработан прежде всего для Министерства иностранных дел Финляндии с целью укрепления его аналитической базы и поддержки принятия решений в сфере водной дипломатии. Благодаря своей гибкости он может применяться в самых различных контекстах — от относительно стабильных до ситуаций с обострением конфликтов. Кроме того, инструмент допускает варьирование степени детализации, что позволяет проводить как быструю ситуативную оценку, так и углублённый всесторонний анализ, требующий научной работы.

Практическое применение данного инструмента наблюдается на Южном Кавказе, где Министерство иностранных дел Финляндии использовало его для повышения ситуационной осведомлённости и укрепления возможностей взаимодействия со странами региона в рамках позитивной повестки сотрудничества в сфере водных ресурсов. В ходе анализа рассматривались возможности укрепления технического диалога по обмену гидрометеорологической информацией регионального значения между

странами Южного Кавказа и Казахстаном, а также оценивалось, может ли Финляндия сыграть какую-либо роль в этом процессе.

На основе полученных результатов Финляндия инициировала обсуждение вопросов, связанных с системами раннего предупреждения и региональным обменом гидрометеорологическими данными, с участием всех стран региона, а также Казахстана. В настоящее время проводится обновление анализа с учётом меняющейся политической динамики в регионе и усилением внимания к междисциплинарным аспектам, включая гендерные вопросы.

Анализ конфликтов — компас, с помощью которого водная дипломатия ориентируется в турбулентном мире

Водная дипломатия сталкивается с растущими вызовами. Изменение климата приводит к усилению наводнений, засух и ускорению таяния ледников, в то время как рост населения и экономическое развитие увеличивают нагрузку на водные ресурсы. Одновременно международные нормы и институты управления водными ресурсами испытывают всё более серьёзное давление, поскольку односторонние действия и использование воды в стратегических и геополитических целях подрывают доверие к общим правилам и механизмам сотрудничества.

В результате даже на первый взгляд сугубо технические решения — такие как обмен данными, выбор мест строительства плотин или механизмы торговли энергией и водой — приобретают выраженное политическое измерение. Политизация управления водными ресурсами меняет подход государств к переговорам по вопросам совместного использования трансграничных речных бассейнов (The Water Diplomat, 2025). То, что ранее рассматривалось преимущественно как экологическая или техническая проблема, сегодня всё чаще становится предметом внешнеполитической повестки.

В этом контексте объём водных ресурсов сам по себе не может заменить доверие. Доверие зависит от прозрачного анализа того, кому выгодны те или иные решения в сфере водопользования, от признания асимметрии властных полномочий и от функционирования надёжных систем раннего предупреждения. Анализ конфликтов является отправной точкой для всех этих процессов. Он служит своеобразным компасом, позволяющим водной дипломатии ориентироваться в мире, который становится всё более неопределённым и нестабильным.

Призыв к институционализации анализа конфликтов

Внедрение анализа конфликтов во все инициативы по сотрудничеству в сфере водных ресурсов требует системных изменений. Особое внимание следует уделить четырём приоритетным направлениям:

1. **Обязательность анализа конфликтов.** Любая инициатива в рамках речного бассейна должна начинаться с проведения анализа конфликтов и его регулярного обновления. По мере изменения гидрологических условий трансформируется и политическая динамика.

2. **Инвестиции в междисциплинарную подготовку кадров.** Организации по управлению речными бассейнами, министерства и дипломатические службы должны формировать общую экспертизу как в области гидрологии, так и в сфере динамики конфликтов. В качестве примеров можно привести Финскую платформу по водной дипломатии, а также Женевский водный центр и программы ОБСЕ в области водной дипломатии.

3. **Связь миростроительства и гидрологии.** Такие методы, как картирование участников, анализ стимулов и сценарное планирование, должны играть не меньшую роль в управлении речными бассейнами, чем инженерные и гидрологические данные.

4. **Учет конфликтных факторов при финансировании.** Доноры и финансовые институты должны требовать проведения оценки конфликтных рисков при реализации проектов в водном секторе, поощряя инициативы, основанные на принципах превентивной дипломатии и справедливости.

На пути к будущему водных ресурсов с учётом конфликтных факторов

За последние десятилетия водная дипломатия прошла значительный путь развития — от управления техническими ресурсами до превентивной дипломатии высокого уровня. Однако её фундамент остаётся неполным и уязвимым, если анализ конфликтов рассматривать как факультативный элемент. На практике это не так.

Анализ конфликтов обеспечивает ясность и структурность, благодаря которым водная дипломатия приобретает авторитетность, инклюзивность и устойчивость. Каждый водный бассейн представляет собой одновременно и физическую систему, и человеческую, и политическую историю. Учитывая обе эти составляющие, мы создаём пространство для новых форм сотрудничества. Будущее водной дипломатии зависит не столько от

новых данных, сколько от более глубокого понимания процессов. По мере усиления климатического стресса и фрагментации геополитических систем водная дипломатия должна эволюционировать от координации к трансформации. Чтобы построить устойчивое сотрудничество вокруг воды, необходимо прежде всего понять лежащую в его основе конфликтную динамику.

Не в количестве дело: почему сильные дожди не спасают мир от нехватки воды⁶

При потеплении примерно на 2 °C до 50 % населения мира могут столкнуться со снижением запасов воды, а для 27 % условия могут стать аномально сухими — только из-за изменения характера выпадения осадков.

Изменение распределения осадков — критически важный фактор водного баланса Земли, который необходимо учитывать наравне с общим объёмом осадков.

Международная группа исследователей пришла к выводу, что увеличение концентрации осадков — когда годовая норма дождя и снега выпадает в виде меньшего числа более интенсивных событий — приводит к снижению запасов воды на суше. Работа опубликована в журнале Nature.

Авторы проанализировали спутниковые данные GRACE за 2002-2022 годы, фиксирующие изменения общего объёма воды на суше, включая влагу в почве, подземные воды, растительность и поверхностные водоёмы. Дополнительно использовались несколько глобальных наборов климатических данных и модели земной поверхности.

Для оценки распределения осадков исследователи применили коэффициент Джини — показатель, обычно используемый для измерения неравенства доходов. В данном случае он отражал, насколько равномерно осадки распределяются в течение года. Чем ближе показатель к 1, тем большая часть годовых осадков выпадает за короткое время.

Анализ показал, что рост концентрации осадков уменьшает объём доступной воды практически во всех климатических зонах. По оценке авторов, сила этого эффекта сопоставима с влиянием изменений общего годового количества осадков.

⁶ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/132882.html> Опубликовано 19.05.2026

Исследователи связывают это с изменением гидрологического перераспределения воды. Во время интенсивных дождей больше влаги уходит в поверхностный сток и быстро испаряющиеся водные накопления, тогда как промежутки между осадками становятся длиннее и создают условия для усиленного испарения.

Моделирование показало, что более концентрированные осадки повышают испарение за счёт увеличения поступления солнечной радиации между дождевыми событиями. Этот эффект воспроизводился как в упрощённых моделях поверхности суши, так и в более сложных климатических моделях.

Авторы отмечают, что особенно выраженное сокращение запасов воды наблюдается в районах интенсивного орошения, включая Северо-Китайскую равнину, Индо-Гангскую низменность, а также дельты Миссисипи и Нила. Однако аналогичный эффект выявлен и в регионах с минимальным использованием ирригации, что указывает на его связь с фундаментальными процессами взаимодействия атмосферы и поверхности суши.

Согласно расчётам, тенденция к усилению концентрации осадков уже частично изменила долгосрочные тренды водного баланса в ряде регионов. В частности, она могла ослабить увлажнение Амазонии и усилить засушливые тенденции на юго-востоке Бразилии.

Авторы также оценили возможные последствия дальнейшего потепления примерно до 2 °С относительно доиндустриального уровня. По их прогнозу, усиление концентрации осадков само по себе способно привести к переходу значительной части территорий в более сухое состояние. По оценкам исследования, около 50 % населения мира могут столкнуться со снижением запасов воды, а для 27 % населения условия могут сместиться к аномально сухим.

«Полезность осадков для водообеспечения суши зависит не только от их годового объёма, но и от того, как они распределены во времени», — отмечают авторы исследования.

Исследователи считают, что дальнейшее усиление экстремальных осадков при потеплении климата может усиливать глобальные тенденции к иссушению даже в регионах, где суммарное количество осадков не уменьшается.

80% рек Земли быстро теряют кислород⁷

Уровень кислорода снизился почти в 80 процентах рек по всему миру, и они будут продолжать терять этот ценный ресурс, если мы не предпримем серьезных изменений. Результаты нового исследования были опубликованы в журнале *Science Advances*.

Спутниковые и климатические данные, собранные в период с 1985 по 2023 год, показывают, что более 16 000 рек по всему миру теряют растворенный кислород. В среднем, эти реки теряют 0,045 миллиграмма кислорода на литр за каждое десятилетие.

При недостатке растворенного кислорода, необходимого для поддержания жизни под водой, реки, а также сообщества, зависящие от их воды и ресурсов, находятся под серьезной угрозой.

Эти выводы были сделаны группой ученых из Китайской академии наук под руководством эколога Ци Гуаня.

Команда исследователей собрала данные с 3,4 миллионов спутниковых снимков за последние четыре десятилетия, чтобы выявить закономерности в содержании растворенного кислорода в реках по всему миру и спрогнозировать их будущее при различных климатических сценариях.

К концу столетия, если предположить, что выбросы углекислого газа будут продолжать расти аналогичными темпами (в отличие от некоторых наихудших сценариев), ожидается, что реки на большей части Южной Америки, в Индии, Арктике и на востоке Соединенных Штатов потеряют около 10 процентов растворенного кислорода.

Наиболее серьезные изменения на данный момент произошли в тропических реках, таких как Ганг в Индии и Амазонка в Южной Америке. В частности, река Ганг теряет кислород в 20 раз быстрее, чем в среднем по миру.

Ученые этого не ожидали

Ранее предполагалось, что реки в высоких широтах будут испытывать наибольшую деоксигенацию, поскольку эти регионы являются очагами изменения климата.

⁷ Источник: <https://knews.kg/2026/05/20/80-rek-zemli-bystro-teryayut-kislorod/> Опубликовано 20.05.2026

Однако тропические реки с самого начала имели недостаток: поскольку их воды и так были теплее, в них уже был более низкий уровень растворенного кислорода. Это означало, что они уже были ближе к состоянию гипоксии (недостаточности кислорода для поддержания большинства форм жизни).

Гуань и его команда обнаружили, что многие факторы способствуют глобальному снижению содержания кислорода в реках, но ни один из них не играет столь важной роли, как изменение климата.

Изменение климата, вызванное деятельностью человека, снижает растворимость кислорода (способность водоема удерживать растворенный кислород). Согласно новому исследованию, на растворимость кислорода приходится около 63 процентов глобального снижения содержания кислорода в реках.

Наиболее вероятной причиной изменения растворимости кислорода является изменение температуры воды. В более теплой воде содержится меньше растворенного кислорода, поскольку молекулы кислорода и воды получают больше энергии в виде тепла.

Растворенный кислород сильно отличается от атомов кислорода, которые соединяются с водородом, образуя воду. Растворенный кислород необходим водным организмам для «дыхания»: это касается животных, растений, планктона, бактерий и всего остального, что живет под водой.

Однако связи, удерживающие кислород в воде в растворенном состоянии, относительно слабые. Даже небольшое изменение температуры достаточно, чтобы разорвать их, позволяя кислороду улетучиться.

Потребность водных видов в растворенном кислороде для выживания сильно различается. Тем не менее, изменение на 0,1 миллиграмма на литр речной воды — примерно столько же было потеряно в среднем за последние четыре десятилетия — достаточно, чтобы вызвать серьезные изменения в речных экосистемах.

Водные организмы могут повышать уровень растворенного кислорода за счет фотосинтеза, поэтому подводные растения поддерживают здоровье водоемов. Кислород из атмосферы также может растворяться в воде под действием физических сил, таких как бурлящие речные пороги или аэраторы, используемые в искусственных прудах.

Именно поэтому во многих реках, включенных в это исследование, плотины на мелководье и периоды сильной жары способствовали снижению уровня растворенного кислорода. Уменьшение потока воды означает, что меньше кислорода поступает в воду из воздуха; периоды сильной жары, по сути, вытесняют кислород из рек.

Состав воды также оказывает существенное влияние на уровень растворенного кислорода, который может содержать река. Деятельность человека изменяет состав воды как в русле, так и в устье рек: уменьшает количество воды в реках и увеличивает ее содержание растворенных веществ, таких как соль, питательные вещества и органические вещества (что еще больше снижает растворимость кислорода).

Станет ли вода ареной следующего геополитического противостояния?⁸

Тони Мачулис

Этой весной Всемирный банк запустил новую инициативу, направленную на решение растущей проблемы, угрожающей важнейшему ресурсу планеты — воде. Программа под названием Water Forward ставит целью обеспечить доступ к водным ресурсам для 1 млрд человек в течение следующих четырёх лет в условиях усиливающегося дефицита воды.

Более 70 % поверхности Земли покрыто водой, поэтому может показаться, что её запасов достаточно для всех. Однако подавляющая её часть — около 97 % — сосредоточена в океанах и представлена солёной водой. Растущий дефицит пресной воды, необходимой для питья, приготовления пищи, промышленных и сельскохозяйственных нужд, стремительно превращает водные ресурсы в один из глобальных рисков. Более того, аналитическая компания Eurasia Group включила данную проблему в перечень ключевых глобальных рисков на 2026 год под названием The Water Weapon («Использование воды в качестве оружия»).

Старший аналитик Eurasia Group по вопросам сельского хозяйства и водных ресурсов Ник Крафт отметил, что хронический дефицит воды уже стал базовой реальностью современного мира.

Нехватка водных ресурсов становится всё более актуальной проблемой

⁸ Источник: Tony Maciulis. Is water the next geopolitical battle? / <https://www.gzeromedia.com/news/analysis/is-water-the-next-geopolitical-battle> Опубликовано 7.05.2026

Около половины населения мира сталкивается с дефицитом воды по крайней мере в течение части года, при этом спрос на водные ресурсы продолжает расти вследствие увеличения численности населения, урбанизации и расширения промышленного потребления. Одновременно изменение климата приводит к учащению как засух, так и наводнений, что ещё больше усугубляет проблему нехватки воды во многих регионах мира.

Руководитель программы Всемирного банка по водным ресурсам Сара Недоласт в интервью на площадке GZERO Global Stage отметила, что более 2 млрд человек не имеют доступа к очищенной питьевой воде, а свыше 3 млрд человек лишены надлежащих санитарных условий. По её словам, если подходы к управлению водными ресурсами в сельском хозяйстве останутся неизменными, то к 2050 году мировое сообщество может столкнуться с неспособностью обеспечить продовольствием растущее население планеты.

В начале этого года ООН опубликовала доклад, в котором объявила о наступлении эпохи «водного банкротства». В документе отмечается, что по мере сокращения озёр и других источников пресной воды под угрозой оказываются территории, включая Мехико и города, расположенные в бассейне реки Колорадо. При этом Кабул (Афганистан), согласно оценкам, может стать первым городом в мире, столкнувшимся с полным истощением водных ресурсов.

Хотя данная проблема представляет собой серьёзный вызов в сфере развития и гуманитарной деятельности, она также вызывает значительные экономические опасения. По данным Всемирного банка, доступ к воде обеспечивает функционирование около 1,7 млрд рабочих мест во всём мире — от сельского хозяйства до промышленного производства и других отраслей экономики. Нарушения в работе систем водоснабжения негативно отражаются на производительности труда, энергетической безопасности и темпах экономического роста.

Вода — оружие давления

Проблема дефицита воды ещё больше усугубляется, когда водные ресурсы используются в качестве инструмента давления и оружия, что сегодня наблюдается в ряде наиболее опасных конфликтов мира.

В африканском регионе Сахель, где темпы повышения температуры в 1,5 раза превышают среднемировые показатели, сокращение водных ресурсов в последние годы стало причиной сотен столкновений между местными общинами и фермерами. Одновременно вооружённые группировки, связанные с «Аль-Каидой» и «Исламским государством», научились ис-

пользовать проблему нехватки воды в собственных интересах. Они применяют различные методы — от захвата скважин и разрушения инфраструктуры до вмешательства в урегулирование местных споров. По словам Ника Крафта, таким образом они заполняют «государственный вакуум», возникающий там, где слабые государственные институты не способны эффективно решать проблемы населения, а также вербуют сторонников среди общин, ощущающих себя оставленными без поддержки.

Недавний конфликт на Ближнем Востоке также продемонстрировал уязвимость опреснительных установок, обеспечивающих преобразование морской воды в питьевую. Большинство стран Персидского залива зависят от таких объектов, которые обеспечивают водой десятки миллионов человек. С начала конфликта под удары попали как минимум четыре опреснительные установки, включая по меньшей мере один объект в Бахрейне, подвергшийся целенаправленной атаке со стороны Ирана. Это предоставило Тегерану дополнительный инструмент влияния для усиления давления на регион и укрепления своих позиций в конфликте.

В поисках решений

В то же время в мире по-прежнему отсутствуют значимые глобальные и даже региональные соглашения в сфере водопользования. Хотя инициативы в области финансирования и инфраструктуры, подобные программам Всемирного банка, способны способствовать совершенствованию национальных и локальных систем управления водными ресурсами, они не могут устранить значительно более сложные геополитические противоречия.

Как отмечает Ник Крафт, вода, в отличие от нефти или полезных ископаемых, не имеет границ и свободно пересекает территории государств. По его словам, около 60 % мировых запасов пресной воды являются трансграничными, при этом каждая страна, расположенная в пределах соответствующих бассейнов, стремится максимально расширить доступ к этим ресурсам.

Крафт также указывает, что даже соглашения в сфере водопользования и устойчивого развития, которые ранее считались «золотым стандартом», постепенно утрачивают свою эффективность. В качестве примера он приводит Договор о водах реки Инд 1960 года между Индией и Пакистаном, заключённый при посредничестве Всемирного банка. По его мнению, в условиях мира, всё чаще характеризуемого концепцией «GZERO», государства демонстрируют возрастающую готовность использовать водные ресурсы в качестве инструмента давления на своих оппонентов.

Так, Индия отказывается возобновлять действие соглашения по реке Инд после террористического акта, произошедшего в Кашмире в прошлом году, несмотря на последующее посредничество США в достижении перемирия. Более 80 % сельскохозяйственного сектора Пакистана зависит от водных ресурсов бассейна реки Инд, и Индия, судя по всему, намерена сохранить приостановленное соглашение в качестве рычага давления.

В условиях недостаточного многостороннего сотрудничества всё более заметную роль начинают играть финансирование со стороны частного сектора и так называемые «коалиции желающих». Однако по мере усиления дефицита воды конкуренция за доступ к водным ресурсам может не только обострить геополитическое соперничество, но и одновременно стимулировать поиск новых механизмов сотрудничества и урегулирования.

Новое исследование предлагает эмпирическое правило для оценки устойчивости земель в речных дельтах⁹

Луи Йоксулиан

В то время как густонаселённые прибрежные сообщества сталкиваются с растущими трудностями, связанными с повышением уровня моря, новые исследования предлагают подходы к прогнозированию процессов формирования новых земель в дельтах рек и защите прибрежных территорий от наступления океанических вод. Полученные данные могут помочь инженерам и политикам оценивать потенциальный объём земель, который может быть создан или сохранён при реализации мер по изменению русел рек, что, в свою очередь, повышает эффективность усилий по восстановлению прибрежных зон и защите от наводнений.

В новом исследовании, основанном на открытии 1950-х гг., известном как «закон Хэка», согласно которому длина самого длинного притока в речной системе пропорциональна площади её водосборного бассейна, показано, что дельты прибрежных рек, по-видимому, подчиняются анало-

⁹ Источник: Lois Yoksoulian. New study provides rule of thumb to estimate land sustainability in river deltas / <https://phys.org/news/2026-05-thumb-sustainability-river-deltas.html> Опубликовано 14.05.2026

гичной предсказуемой закономерности в процессах отложения осадков. Результаты исследования опубликованы в журнале *Science*.

Хонгбо Ма, профессор кафедры гражданского и экологического инжиниринга Университета Иллинойса в Урбана-Шампейн, отметил, что закон Хэка представляет собой простой способ описания того, как русла рек и их притоков разветвляются и распространяются по ландшафту. Он также добавил, что на протяжении длительного времени исследователи наблюдали аналогичные закономерности на противоположном конце речных систем — в дельтах, однако попытки сформулировать эти наблюдения в виде чётких моделей, пригодных для практического применения, оставались недостаточно разработанными.

Реки формируются, когда небольшие водотоки, движимые силой тяжести и называемые притоками, сливаются, образуя более крупное русло главной реки, которая переносит наносы из водосборного бассейна вниз по течению. Он пояснил, что, напротив, дельты рек образуются в результате накопления наносов, когда основное русло реки разветвляется на множество рукавов, откладывая осадки, поступающие из водосборного бассейна, и формируя новые участки суши.

В ходе исследования, возглавляемого Ма, были проанализированы спутниковые снимки дельт в динамике за определённый период времени в 29 точках по всему миру, включая дельту озера Уэкс в Луизиане и дельту реки По в Италии. Это позволило выявить две различные модели роста речных дельт: равномерную и комбинированную.

Ма отметил, что некоторые дельты демонстрируют равномерный рост, при котором их сети последовательно подчиняются закону Хэка. По его словам, другие дельты характеризуются комбинированным ростом, при котором сначала наблюдается быстрое распространение дельтовой системы с заполнением пространства, подобным распространению чернил в воде, после чего темпы роста замедляются, и дальнейшее развитие происходит преимущественно вдоль нескольких основных русел.

Полученные результаты имеют важное значение для инженерных и восстановительных проектов и могут служить практическим ориентиром при оценке процессов аккумуляции наносов на основе длины русел.

Для людей, проживающих в низменных прибрежных районах, характер роста дельты может определять, будет ли происходить утрата земель в пользу моря или формирование новых территорий. По данным исследования, наблюдаемый природный процесс трансформируется в набор практических рекомендаций, которые могут помочь местным сообществам и государственным органам принимать решения о том, в какие проекты по строительству и восстановлению речных русел следует направлять инвестиции. Показывая, в каких частях дельт вероятность быстрого формиро-

вания новых участков суши высока, а в каких она приближается к пределу, данная работа способствует более эффективному распределению ограниченных ресурсов в целях защиты жилых территорий, инфраструктуры и средств к существованию от повышения уровня моря и усиления наводнений.

Дилемма плотин: как строить новые объекты, не повторяя прежних ошибок¹⁰

Дайан Хун

По мере того, как США и другие страны расширяют использование чистой энергии, отмечается, что строительство крупных гидроэлектростанций, которые часто рассматриваются как надёжный источник возобновляемой энергии, может приводить к значительным экологическим и социальным издержкам, если оно не будет тщательно спланировано.

Новое исследование Университета штата Мичиган показывает, что без более тщательного планирования и вовлечения местного населения проекты по строительству плотин рискуют повторить ошибки, допущенные несколько десятилетий назад, что поднимает важные вопросы относительно развития плотин и гидроэнергетических проектов.

Гидроэнергетика обеспечивает более половины мирового объёма электроэнергии, производимой из возобновляемых источников, а результаты исследования, опубликованные в журнале *Nature Sustainability*, становятся основой для глобального обсуждения путей решения проблем, связанных со строительством плотин.

Эмилио Моран, заслуженный профессор кафедры географии, экологии и пространственных наук Университета штата Мичиган (MSU), лауреат премии имени Джона А. Ханна, заявил, что гидроэнергетика часто позиционируется как решение энергетических проблем стран, однако, по его мнению, в большинстве случаев государства, строящие крупные гидроэлектростанции, не уделяют достаточного внимания минимизации ущерба для местных сообществ. Он также отметил, что крупные плотины наносят необратимый ущерб речным экосистемам, рыбному хозяйству и средствам к существованию рыбаков.

¹⁰ Источник: Diane Huhn. The dam dilemma: How to build anew without repeating old harms / <https://phys.org/news/2026-05-dilemma-anew.html> Опубликовано 13.05.2026

Предпосылки и история

В начале 2000-х гг. Всемирная комиссия по плотинам разработала стратегии по снижению экологических и социальных последствий, однако данный доклад был отвергнут крупнейшими странами, реализующими проекты строительства плотин, такими как Китай, Индия и Бразилия. Отмечалось, что эти страны заявили, что предложенные рекомендации являются нереалистичными и могут замедлить достижение целей экономического развития.

Спустя примерно четверть века, когда указанные проблемы по-прежнему остаются нерешёнными, исследовательская группа попыталась выяснить, чем характеризуется нынешняя волна строительства крупных гидроэлектростанций в странах Глобального Юга.

При этом отмечается, что всё больше местных сообществ объединяются на международном уровне для защиты окружающей среды и своих источников существования, а вопросы политики и устойчивого развития приобретают всё большее значение при планировании будущих проектов.

Выводы и последствия

В исследовании предлагается, что для того, чтобы направить гидроэнергетические проекты по более устойчивому пути, необходимо рассматривать речные системы в целом, а не отдельные плотины, а также привлекать местные сообщества, государственные органы и поставщиков энергии уже на самых ранних этапах принятия решений.

Такой подход может помочь выявить ранее упущенные возможности, включая снижение воздействия на окружающую среду, более эффективную адаптацию к последствиям изменения климата, а также более широкое включение в энергетический баланс при строительстве гидроэнергетических объектов других видов возобновляемой энергетики, таких как солнечная и ветровая энергия, гидрокинетические турбины и плавучие солнечные панели.

Несмотря на то, что данные технологии уже доказали свою способность увеличивать объёмы производства энергии из возобновляемых источников и повышать устойчивость энергосистем, исследователи призывают к их более широкому применению и увеличению финансирования.

В исследовании также отмечается, что всё чаще высказываются призывы отказаться от вертикальной модели принятия решений в пользу более совместного межотраслевого подхода, известного как «горизонтальное

управление», при котором ответственность распределяется между несколькими группами, включая использование набирающей популярность модели «производителя-потребителя», при которой пользователи одновременно производят и потребляют энергию.

Серхио Вильямайор-Томас, научный сотрудник Автономного университета Барселоны и соавтор исследования, заявил, что такая модель, по его мнению, может позволить местным и коренным общинам одновременно выступать производителями и потребителями собственной энергии. Он также отметил, что данный подход способен способствовать демократизации энергетической системы и обеспечить получение выгод от энергетических проектов теми, кто в наибольшей степени затронут их реализацией, чего, как правило, ранее не происходило.

Хотя некоторые страны рассматривают гидроэнергетику как способ сокращения выбросов, связанных с использованием ископаемого топлива, в исследовании отмечается, что возобновляемые источники энергии не являются автоматической гарантией экологической устойчивости; скорее, они рассматриваются как уникальная возможность стимулировать принятие решений в энергетической сфере на местном уровне и снизить зависимость от ископаемого топлива.

Мария Клаудия Лопес, доцент факультета сельского хозяйства и природных ресурсов Университета штата Мичиган и соавтор статьи, заявила, что, при более стратегическом планировании, горизонтальном управлении и принятии решений, инициированных местными сообществами, уже существуют инструменты для выбора более устойчивого пути развития. Она также отметила, что вопрос заключается не в том, смогут ли правительства и инвесторы удовлетворить свои энергетические потребности, а в том, смогут ли они сделать это без ущерба для жизненно важных экосистем планеты. Существующие инструменты и механизмы уже доступны, а данная статья представляет собой важный вклад, подчёркивающий их значение и способствующий развитию дискуссий об энергетическом переходе.

Раскрытие потенциала «зелёной воды» для экономического роста и развития¹¹

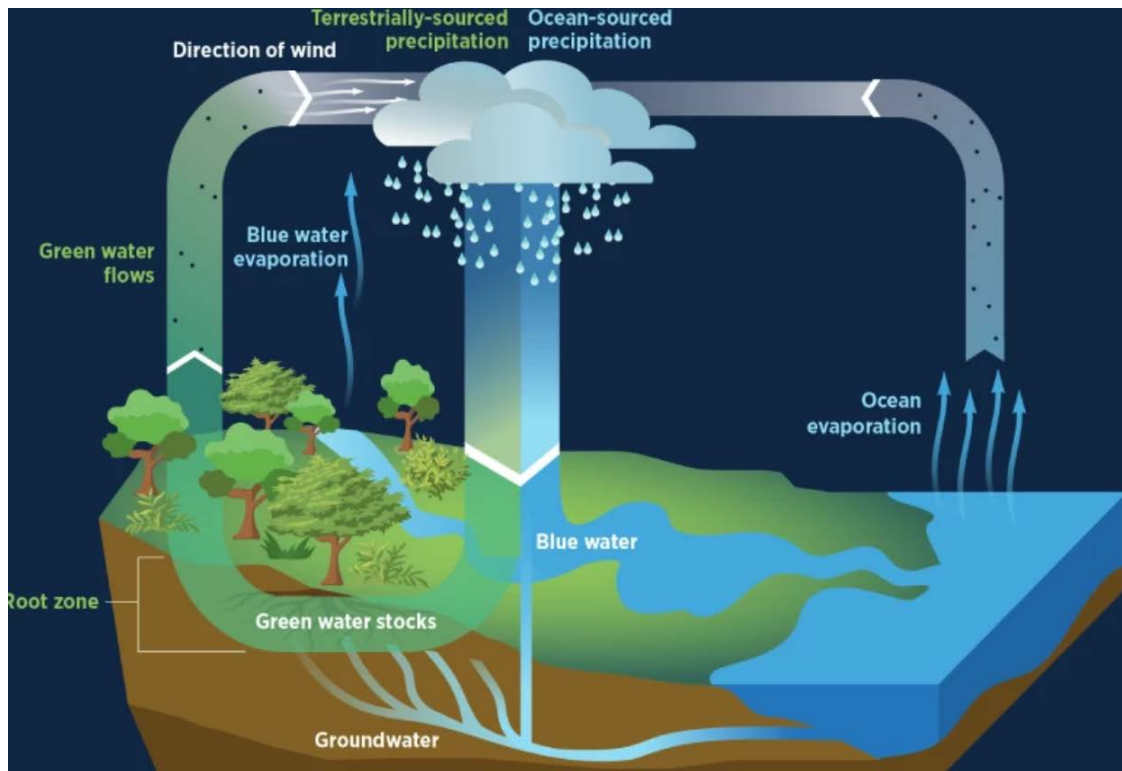
Кристина Леб

В Глобальном фонде по трансграничным водам, в ходе обсуждений с заинтересованными сторонами вопросов управления трансграничными водными ресурсами, разговор почти всегда сводится к рациональному использованию так называемых «голубых вод» — вод, протекающих в реках, озёрах и подземных водоносных горизонтах. Безусловно, эти водные объекты имеют жизненно важное значение для развития человечества, и их значимость очевидна, поскольку подходы к устойчивому управлению «голубыми водами» между странами формировались на протяжении многих десятилетий.

Однако, уделяя основное внимание «голубой воде», мы часто упускаем из виду гораздо более обильный водный ресурс — «зелёную воду», то есть влагу, которая накапливается в почве и растительности и возвращается в атмосферу в процессе испарения и транспирации. Попадая в атмосферу, эта влага может преодолевать огромные расстояния, смешиваться с испарившейся «голубой водой», а затем выпадать в виде осадков, возвращаясь на землю в форме дождя или снега.

Таким образом, страны связаны между собой не только через реки, озёра и подземные водоносные горизонты, но и посредством этих невидимых атмосферных потоков «зелёной воды», которые пересекают границы и даже континенты. То, как страна управляет своими землями — сохраняет ли она леса, расширяет ли сельскохозяйственные угодья или сталкивается с деградацией экосистем, — может оказывать влияние на режим осадков и доступность воды в других странах, расположенных за сотни и даже тысячи километров.

¹¹ Источник: Christina Leb. Unlocking the benefits of green water flows for growth and development / <https://blogs.worldbank.org/en/water/unlocking-the-benefits-of-green-water-flows-for-growth-and-devel> Опубликовано 14.05.2026



Влияние лесного и природного растительного покрова на сток «зелёной воды» и водность в нижнем течении.

В недавних докладах Группы Всемирного банка, включая «Континентальное высыхание: угроза нашему общему будущему» и «Перезагрузка развития: экономика пригодной для жизни планеты», а также в отчёте Глобальной комиссии по экономике водных ресурсов, были проанализированы атмосферные взаимосвязи и количественно оценена их значимость для экономического развития и устойчивости. Так, потоки «зелёной воды», формирующиеся в густых тропических лесах бассейна Амазонки, обеспечивают до 90 % осадков в некоторых регионах Южной Америки, что подчёркивает их ключевую роль в региональной водной безопасности. Согласно отчёту инициативы *Reboot Development*, утрата этих лесов, расположенных с наветренной стороны, и связанных с ними потоков «зелёной воды» может привести к снижению годового экономического роста в Южной Америке на 11,4 млрд долл. США.

Эти данные подчёркивают простую, но часто недооцениваемую истину: защита «зелёной воды» — это не только экологическая, но и экономическая необходимость, последствия которой выходят далеко за пределы национальных границ.

Признание важности «зелёных» водных потоков открывает новые возможности для совместного использования выгод и развития международного сотрудничества. Страны могут совместно инвестировать в устой-

тивное землепользование и лесопользование, способствуя увеличению количества осадков и укреплению водной безопасности не только на местном уровне, но и в соседних странах и регионах. Как отмечается в докладе «Континентальное высыхание», защита, сохранение и восстановление естественных экосистем имеют решающее значение для поддержания цикла рециркуляции «зелёной» воды и обеспечения устойчивости к засухам на различных масштабах.

Недавно Глобальный фонд по трансграничным водам предложил организациям по управлению речными бассейнами, партнёрам по развитию и научному сообществу рассмотреть вопрос о включении концепции «зелёной воды» в рамки управления трансграничными водными ресурсами. Этот вопрос, в частности, обсуждался на 2-м Глобальном форуме по трансграничным водам, который состоялся в июне 2025 г. в Женеве (организованном совместно со Швейцарским агентством по развитию и сотрудничеству и Секретариатом Конвенции по трансграничным водам ЕЭК ООН). Он также был поднят на Неделе «Право, правосудие и развитие» Группы Всемирного банка в 2025 г. и на последнем виртуальном «Круглом столе по бассейнам», организованном Глобальным фондом в апреле 2026 г. Эти дискуссии показали, что требуется дальнейшая работа для углубления общего понимания роли «зелёной воды» в управлении трансграничными водными ресурсами, а также трансграничного характера самих потоков «зелёной воды».

Четыре пути в будущее: как страны могут сотрудничать для полного использования преимуществ «зелёной воды»

Глобальное партнёрство по водной безопасности и санитарии (GWSP) при Группе Всемирного банка недавно опубликовало документ «Вода в движении: интеграция „зелёной“ воды в систему управления трансграничными водными ресурсами и финансирование развития». В этом руководстве подчёркивается, что реализация потенциала «зелёной» воды требует комплексных подходов, объединяющих управление «голубой» и «зелёной» водой. Такие организации, как Организация по Договору о сотрудничестве в бассейне Амазонки, уже выступают пионерами в применении подобных подходов, демонстрируя важность надёжного обмена данными, регионального сотрудничества и устойчивого финансирования. В документе также представлены четыре рекомендации, направленные на содействие интеграции вопросов «зелёной воды» в механизмы управления трансграничными водными ресурсами и соответствующие системы финансирования.

1. **Инвестировать в охрану, рациональное использование и восстановление экосистем, обладающих высокой ценностью с точки зрения «зелёной воды» и биоразнообразия, особенно старовозрастных (первичных) лесов и ключевых местообитаний, обеспечивающих региональные и глобальные потоки «зелёной воды».**

2. **Мобилизовать существующие институциональные механизмы, включая организации по управлению речными бассейнами, для регулирования «зелёной» воды в пределах одного бассейна, а также изучить новые подходы к её управлению в межбассейновом масштабе.**

3. **Привлекать финансовые ресурсы, использовать инструменты, основанные на стимулировании, и включать экологические показатели водопользования в действующие механизмы финансирования.**

4. **Инвестировать в расширение знаний и укрепление потенциала в области управления «зелёными» водными ресурсами, в том числе путём учёта «зелёной» воды в оценках водной безопасности и системах водного учёта на различных уровнях.**

По мере усиления давления, связанного с изменениями землепользования и учащением засух на разных континентах, необходимость комплексного и долгосрочного трансграничного управления водными ресурсами становится всё более актуальной. Включение «зелёных» водных потоков в практику трансграничного управления, традиционно ориентированную на «голубую» воду, позволит сформировать подход, при котором водное управление и сотрудничество основываются на более полном понимании взаимосвязанности природных систем. Это, в свою очередь, будет способствовать укреплению водной безопасности и обеспечению устойчивого и справедливого развития для всех стран.

Отслеживание скрытого пути воды через «живую оболочку» Земли¹²

Андреа Л. Попп, Харш Бериа

Естественный водный след позволяет проследить процессы накопления, смешивания и высвобождения воды в критической зоне Земли, что способствует совершенствованию моделей системы Земли в условиях ускоряющегося изменения климата.

Обеспечение устойчивости водных ресурсов и экосистем в меняющемся мире требует глубокого понимания механизмов перемещения воды через критическую зону Земли — динамическую границу взаимодействия атмосферы, гидросферы, почв, биоты и горных пород. Для отслеживания и моделирования этих процессов исследователи используют природные индикаторы, или трассеры.

В недавней статье, опубликованной в журнале *Reviews of Geophysics*, рассматриваются современные достижения в области моделей смешивания с использованием трассеров, а также их потенциал для более глубокого понимания концепции критической зоны. В данном материале авторы представлены с обзором понятия «критическая зона», механизмов моделирования смешивания с применением трассеров и перспективных направлений дальнейших исследований.

Что такое критическая зона?

Критическая зона (CZ) — это «живая оболочка» Земли, представляющая собой динамичную приповерхностную область, в пределах которой взаимодействуют атмосфера, гидросфера, биосфера и литосфера. Она простирается от верхней границы растительного покрова, а в холодных регионах — от поверхности снежного покрова и ледников, вниз через почвенный профиль до глубинных водоносных горизонтов. Критическая зона включает поверхностные водные объекты, такие как озёра, ручьи и водноболотные угодья, и охватывает как почвенные слои, так и подземные водоносные горизонты. В её пределах происходит трансформация атмосферных осадков, талых и ледниковых вод в почвенную влагу; осуществляется

¹² Источник: Andrea L. Popp and Harsh Beria. Tracing Water's Hidden Journey Through the Earth's Living Skin / <https://eos.org/editors-vox/tracing-waters-hidden-journey-through-the-earths-living-skin>
Опубликовано 13.05.2026

поглощение воды растениями с последующей транспирацией; пополняются запасы подземных вод и формируется речной сток. Таким образом, критическая зона представляет собой область, в которой протекает большинство ключевых процессов, обеспечивающих функционирование наземных экосистем и формирование пресноводных ресурсов.

Почему важно понимать, как вода перемещается через критическую зону?

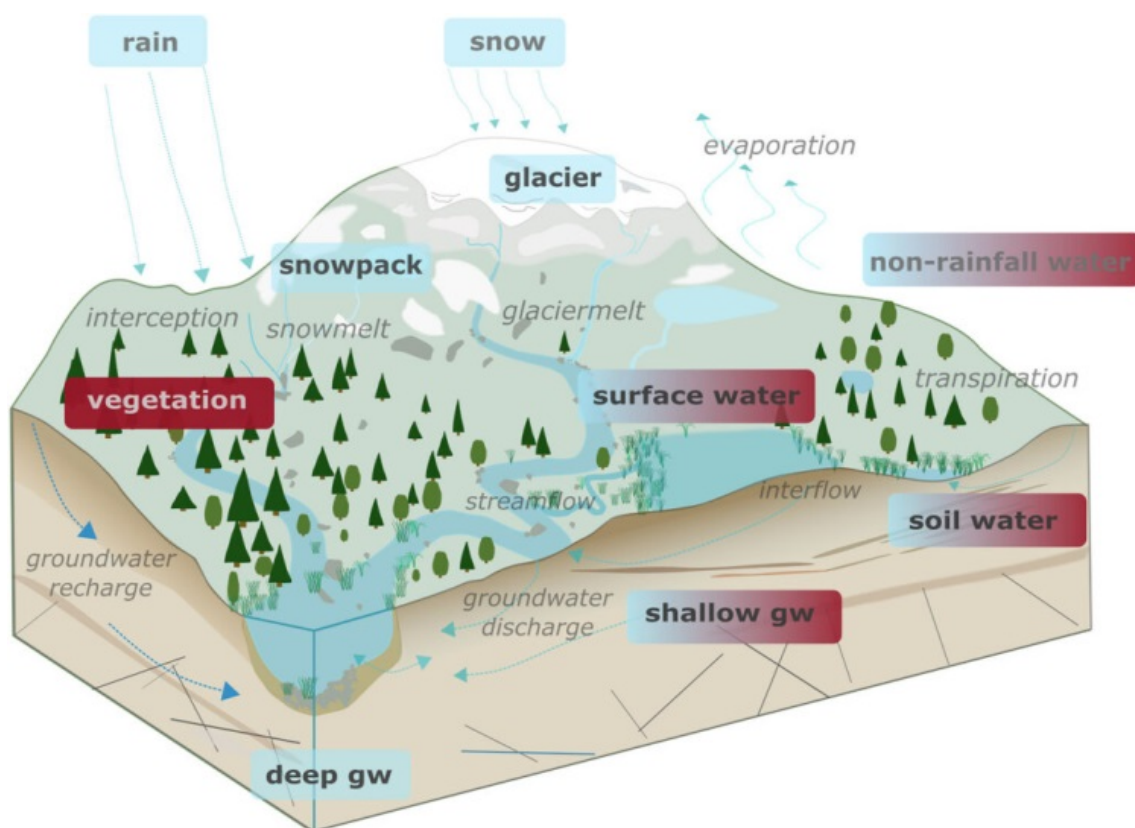
Практически все ресурсы пресной воды, от которых зависит человек (включая питьевую воду и воду для орошения), в той или иной стадии проходят через критическую зону. Изменение климата, трансформация землепользования, а также рост водопотребления, обусловленный урбанизацией и изменениями в сельском хозяйстве, существенно влияют на процессы накопления и высвобождения воды в критической зоне, зачастую приводя к изменениям, которые пока остаются недостаточно предсказуемыми. Понимание того, какой объём воды аккумулируется в критической зоне, каким образом он пополняется за счёт атмосферных осадков и снеготаяния, а также, как и в какие сроки вода поступает в речные системы, имеет ключевое значение для сохранения экосистем, обеспечения устойчивого водоснабжения и адаптации к изменению климата.

Как объяснить модель смешивания с применением трассеров человеку, не являющемуся специалистом?

Представьте, что вы смешали стакан апельсинового сока со стаканом яблочного сока, а затем пытаетесь определить, сколько каждого из них содержится в получившейся смеси. Если у каждого сока есть характерные «отпечатки» — например, цвет, содержание сахара или специфический химический компонент — и эти признаки изменяются преимущественно в результате смешивания, то, измерив их в конечной смеси, можно восстановить исходные пропорции компонентов.

Модели смешивания с применением трассеров основаны на аналогичном принципе, но применяются для изучения водного цикла. Различные источники воды (осадки, снеготаяние, таяние ледников, почвенная и подземная вода) обладают характерными «отпечатками» в виде природных трассеров, таких как стабильные изотопы воды или растворённые химические элементы. Измеряя эти «отпечатки» в поверхностных или подземных водах и сопоставляя их с характеристиками потенциальных источников,

гидрологи могут количественно оценить вклад каждого источника в формирование речного стока или подземных вод.



Концептуальная модель компонентов критической зоны.
«Gw» обозначает подземные воды

Каковы наиболее значимые и интересные последние достижения в области моделей смешивания с применением трассеров?

Классические модели смешивания основывались на ряде строгих допущений: идентифицируемости всех источников воды, возможности их отбора и стабильности их характеристик во времени. Значительная часть современных достижений направлена на ослабление этих ограничений и повышение реалистичности моделей.

В настоящее время байесовские подходы позволяют оценивать полные апостериорные распределения вероятностей, обеспечивая более корректное представление неопределённости. Методы, такие как анализ смешивания с использованием выпуклой оболочки и конечных элементов (СНЕММА), применяют алгоритмы машинного обучения для выделения

источников непосредственно из наблюдаемых данных. Ансамблевое разделение гидрографов, в свою очередь, основано на анализе временной изменчивости концентраций трассеров и позволяет выполнять разложение даже в случаях перекрытия сигнатур различных источников. Одним из наиболее концептуально значимых достижений является метод разделения крайних элементов, который смещает постановку задачи с вопроса «откуда поступает речной сток?» на вопрос «куда уходят осадки?».

Параллельно с развитием методов моделирования достигнут существенный прогресс в измерении трассеров. Портативные лазерные спектрометры и масс-спектрометрические системы позволяют проводить высокочастотные *in situ* измерения, обеспечивая регистрацию ключевых гидрологических процессов, таких как интенсивные осадки и снеготаяние, практически в режиме реального времени.

Что такое стабильные изотопные трассеры воды и в чём заключаются их преимущества?

Стабильные изотопы воды — это природные нерадиоактивные изотопы водорода и кислорода, входящие в состав молекулы воды и отличающиеся незначительной разницей в атомной массе. Наиболее широко используемыми в гидрологии стабильными изотопами являются дейтерий (^2H) и кислород-18 (^{18}O). Поскольку они являются неотъемлемой частью молекулы воды, они перемещаются вместе с ней по гидрологическому циклу. Ключевые преимущества стабильных изотопов воды заключаются в следующем:

(1) они ведут себя как консервативные трассеры, то есть не подвергаются химическим превращениям при миграции воды через почвы и водоносные горизонты;

(2) они несут климатически обусловленную сигнатуру, формирующуюся под влиянием таких факторов, как температура воздуха и условия испарения.

Так, в Европейских Альпах зимние осадки характеризуются иной изотопной сигнатурой по сравнению с летними, поскольку более низкие температуры приводят к фракционированию изотопов в процессе конденсации. Аналогично, процессы испарения и сублимации изменяют изотопный состав оставшейся воды, что позволяет количественно оценивать интенсивность этих процессов. Стабильные изотопы воды могут быть измерены практически во всех компонентах гидрологической системы – от атмосферного водяного пара и осадков до снежного покрова, ксилемы растений, почвенной влаги, поверхностных вод и подземных вод. Благодаря

этим свойствам они являются одним из наиболее универсальных и широко используемых природных трассеров в гидрологии критической зоны.

Каковы существующие ограничения моделей смешивания с применением трассеров?

Несмотря на высокую эффективность, модели смешивания с применением трассеров по-прежнему имеют ряд существенных ограничений. Во-первых, характеристики конечных элементов (end-members) изменяются как в пространстве, так и во времени, могут быть недостаточно различимыми между собой, а некоторые источники воды могут оставаться неидентифицированными. Во-вторых, использование неконсервативных трассеров, таких как нитраты или сульфаты, осложняется их химической реактивностью в природной среде. В процессе миграции они могут подвергаться трансформации, что приводит к искажению результатов, если такие процессы не учитываются в моделях явно.

Серьёзным ограничением остаётся и проблема отбора проб. Для адекватного отражения пространственной неоднородности почв, снежного покрова и подземных вод требуется высокая плотность наблюдений, что часто оказывается технически и финансово затруднительным, особенно в труднодоступных регионах. Дополнительным фактором является ограниченная доступность аналитических возможностей: многие современные высокоинформативные трассеры, включая благородные газы и стабильные изотопы микроэлементов, могут быть измерены лишь в ограниченном числе специализированных лабораторий. В результате глобальное распределение данных остаётся крайне неравномерным, при этом такие регионы, как Арктика и страны глобального Юга, по-прежнему характеризуются дефицитом наблюдений.

Каковы основные нерешённые вопросы и в каких областях требуются дополнительные исследования?

Существует ряд направлений, требующих дальнейших исследований. Прежде всего, характеристики источников воды не являются статичными, однако методы, позволяющие явно учитывать их временную изменчивость в моделях смешивания, остаются недостаточно разработанными. Включение трассеров в глобальные модели системы Земли теоретически позволило бы значительно повысить точность оценки распределения водных потоков, включая разделение осадков, талой воды и ледникового стока между такими процессами, как сублимация, эвапотранспирация, попол-

нение подземных вод и формирование речного стока. Полученные оценки могли бы служить важной основой для совершенствования климатических прогнозов, однако реализация таких подходов по-прежнему требует значительных вычислительных и методологических усилий.

Особое значение имеет расширение пространственного охвата наблюдений в регионах с дефицитом данных. В этом контексте перспективными направлениями являются развитие гражданской науки и использование недорогих сенсорных технологий. Методы машинного обучения также представляют значительный потенциал для выявления нелинейных зависимостей и восполнения пробелов в разреженных наборах данных, однако их применение ограничено нехваткой репрезентативных обучающих выборок. Дополнительный прогресс может быть достигнут за счёт более тесной междисциплинарной интеграции, включая совместное использование данных трассеров, дистанционного зондирования, экологических индикаторов и биогеохимических наблюдений, что позволит получить более целостное представление о функционировании критической зоны. Наконец, ускорению развития исследований будет способствовать внедрение единых методологических стандартов и практик открытого доступа к данным.

Цифровые технологии

Системы раннего оповещения должны эволюционировать в инструменты прогнозирования наводнений и защиты человеческих жизней¹³

Системы раннего предупреждения (СРП) нельзя рассматривать лишь как простые платформы оповещения; они должны в кратчайшие сроки трансформироваться в оперативные системы управления наводнениями и другими экстремальными явлениями. Об этом заявляют специалисты, подготовившие отчет «Тенденции в области водных технологий до 2026 г.: стратегическое руководство по будущему интеллектуальных водохозяйственных систем», недавно опубликованный компанией *Xylem Vue*.

Случаи экстремальных осадков становятся все более частыми, интенсивными и, прежде всего, все более труднопредсказуемыми с помощью традиционных моделей. Наводнения наносят серьезный ущерб не из-за недостатка данных, а из-за нехватки времени для принятия решений и реагирования. Наводнения являются наиболее распространенным стихийным бедствием во всем мире. Согласно отчету Всемирной метеорологической организации, оповещение за 24 часа до их наступления может снизить ущерб примерно на 30 %.

В данном контексте системы раннего предупреждения традиционно рассматривались как инструменты, способные выдавать предупреждения уже после начала развития опасного события. Однако, согласно исследованию, такой подход является недостаточным. Выдача предупреждений не равнозначна прогнозированию событий, а прогнозирование, в свою очередь, не тождественно автоматической активации протоколов реагирования и мер защиты.

Современная система раннего оповещения, прежде всего, должна выступать в качестве платформы для управления операционными рисками. В этой связи Серхио Морант, специалист по системам раннего оповещения компании *Xylem Vue*, отмечает, что такие системы не должны ограничи-

¹³ Источник: Early warning systems must evolve into tools that anticipate flooding and protect lives / <https://smartwatermagazine.com/news/xylem-vue/early-warning-systems-must-evolve-tools-anticipate-flooding-and-protect-lives> Опубликовано 14.05.2026

ваться фиксацией превышения пороговых значений. По его словам, они должны уметь преобразовывать получаемую информацию в конкретные последствия для территории и, что особенно важно, автоматически увязывать её с запуском планов действий в чрезвычайных ситуациях, муниципальных протоколов и межведомственных механизмов принятия решений. Ценность системы заключается не в самих данных, а в действиях, которые она инициирует.

Таким образом, эти системы представляют собой интегрированные механизмы прогнозирования, встроенные в цифровые двойники, которые объединяют данные, модели, административную координацию и культуру превентивных мер в рамках единой экосистемы. Такая интеграция позволяет организациям экономить время, оптимизировать ресурсы и, в конечном итоге, защищать жизни людей и критически важную инфраструктуру в условиях все более неблагоприятных и сложных климатических сценариев.

Интеграция в «живой» цифровой двойник как платформу для принятия решений

К 2026 г. системы раннего предупреждения уже не рассматриваются как изолированные инструменты, используемые только во время отдельных экстремальных событий. Их логическое место — в структуре «живого» цифрового двойника, постоянно обновляемого данными в режиме реального времени, множеством метеорологических прогнозов и текущими моделями симуляций. В этой связи, как отмечает Серхио Морант, система перестает ограничиваться периодическим мониторингом текущих условий и переходит к непрерывному моделированию будущих сценариев оперативного планирования.

Речь идет о механизме, который обеспечивает «движение» цифрового двойника во времени за счет непрерывного прогнозного моделирования, регулярного пересчета гидродинамических процессов (каждые несколько минут) и сопоставления результатов симуляций с фактическими полевыми данными. Это позволяет снижать отклонения между моделируемыми и наблюдаемыми значениями и минимизировать неопределенность последующих прогнозов.

По данным компании Xylem Vue, такая функция моделирования объединяет планирование, оперативную деятельность и управление рисками в единой интегрированной среде, превращая цифровой двойник в платформу принятия решений в режиме реального времени. Она позволяет своевременно задействовать ресурсы, расставлять приоритеты и координировать

нирывать действия различных подразделений с достаточным заблаговременным оповещением.

Непрерывное гидрологическое и гидравлическое моделирование в пределах водосборных бассейнов.

Такой сдвиг парадигмы требует, чтобы гидродинамические знания заняли центральное место в системе управления рисками. Например, в Испании зоны потенциально значительного риска наводнений (APSFRR) определяются уже на протяжении многих лет, однако само по себе их выделение не всегда обеспечивает полноценное понимание гидрологических процессов.

Фактическая реакция водосборного бассейна на интенсивные конвективные явления определяется совокупностью динамических факторов: временем концентрации стока, степенью предшествующего насыщения почв, характером городской застройки, взаимодействием с дренажными системами, эффектами естественного или искусственного замедления потока, а также особенностями распространения паводковой волны вниз по течению. Без непрерывного, актуализируемого и автоматизированного гидрологического и гидравлического моделирования практическое понимание этих процессов остается ограниченным.

Структурные изменения

Для коммунальных предприятий, городов и водохозяйственных органов такая конвергенция означает структурную трансформацию. Она предполагает переход от реагирующего управления инфраструктурой к упреждающим системам, способным прогнозировать последствия до их возникновения. Это позволяет снижать ущерб не только за счет повышения точности прогнозов, но и благодаря ускорению аналитических процессов и укреплению институциональной координации. Прежде всего, речь идет о преобразовании накопленных гидродинамических знаний в практические оперативные возможности.

Азия

Плотины в верховьях: как Афганистан и Иран делят дефицитные водные ресурсы¹⁴

Бассейн трансграничной реки Харируд, протекающей по территории Афганистана, Ирана и Туркменистана, превратился в зону критического ресурсного дисбаланса. Анализ распределения воды, энергии и продовольствия за последнее десятилетие фиксирует растущую экономическую и экологическую асимметрию между государствами. Афганистан реализует политику «водного контроля», усиливая удержание стока в верховьях для развития собственной инфраструктуры, что напрямую сокращает поступление поверхностных вод на восток Ирана. На фоне климатических изменений эта ситуация вынуждает иранскую сторону форсировать истощение подземных водоносных горизонтов, затрачивая на откачку ресурса колоссальные объемы ископаемого топлива, отмечается в новой научной публикации, вышедшей в издании Scientific Reports.

Восточные провинции Ирана переживают острый дефицит поверхностных вод. Для поддержания пахотных земель и обеспечения питьевой водой крупных агломераций, включая Мешхед, регион ежегодно изымает объемы, в полтора раза превышающие норму естественного возобновления запасов. Основная нагрузка ложится на подземные источники, закрывающие почти восемьдесят процентов регионального водопотребления. Иранский аграрный сектор на этой территории производит около трех миллионов тонн продукции ежегодно, но достигает этого за счет масштабных энергозатрат. Локальная энергосистема сжигает миллионы литров дизеля и миллиарды кубометров газа для питания водяных насосов, создавая высокий уровень углеродных выбросов.

В афганской части бассейна, охватывающей провинции Герат и Гор, гидрологическая и технологическая картина кардинально отличается. Территория располагает большими объемами возобновляемой воды, опираясь в сельском хозяйстве на поверхностные стоки и традиционные каналные системы орошения. Недостаток механизации и устаревшая инфраструктура приводят к тому, что объем производимого здесь продовольствия почти в четыре раза ниже иранских показателей. Энергетический сектор Афганистана в этом районе завязан исключительно на гидрогенерацию, фундаментом которой выступает плотина Салма. Производимых мощностей не

¹⁴ Источник: <https://rivers.help/n/6213> Опубликовано 7.05.2026

хватает для покрытия местного спроса, а технические потери в электросетях достигают сорока пяти процентов, формируя жесткую зависимость от внешних поставок электричества.

В трансграничном регионе сформировалась водно-энергетическая взаимозависимость, основанная на негласном обмене ресурсами. Иран генерирует электроэнергию за счет сжигания углеводородов и экспортирует часть энергорезервов в Афганистан. Одновременно иранское сельское хозяйство несет убытки из-за дефицита воды, которую соседнее государство аккумулирует в своих водохранилищах. Запуск Кабулом новых гидротехнических объектов, в частности строящейся плотины Пашдан, неизбежно изменит режим течения Харируда. Дальнейшее снижение стока ставит под удар работу совместной ирано-туркменской плотины Дусти и общую рентабельность аграрного сектора на равнине Серахс.

Сохранение текущей обособленной модели водопользования несет долгосрочные угрозы для продовольственной безопасности обеих стран. Падение уровня грунтовых вод в Иране кратно увеличит стоимость энергозатрат на полив и ускорит деградацию сельскохозяйственных угодий. В Афганистане сохранение архаичных методов ирригации на фоне энергодефицита блокирует рост урожайности. Предотвращение масштабного ресурсного кризиса требует перехода к совместному управлению бассейном на основе компенсационных экономических механизмов – например, внедрения практики расширенных поставок дешевой иранской электроэнергии в обмен на фиксированные квоты сброса воды из афганских водохранилищ.

Умиряющая река в «библейской колыбели» напомнила о пророчествах конца света¹⁵

Река Евфрат, на берегах которой зародились первые цивилизации человечества, мелеет с пугающей скоростью. Для экологов это сигнал о глобальном климатическом кризисе, а для верующих разных конфессий – буквальное исполнение древних пророчеств о конце времен.

Через 14 лет Евфрат может пересохнуть. Для экологов это сигнал о глобальном климатическом кризисе, а для верующих – буквальное исполнение древних пророчеств о конце времен.

¹⁵ Источник: <https://rodina-history.ru/2026/05/12/umiraiushchaia-reka-v-biblejskoj-kolybeli-napomnila-o-prorochestvah-konca-sveta.html> Опубликовано 12.05.2026

Река имеет протяженность почти 2900 километров и пересекает территории Турции, Сирии и Ирака. Этот водный путь веками питал «Плодородный полумесяц», но сегодня он перестал быть полнокровным: всего за шесть лет (с 2003 по 2009 год) бассейны Тигра и Евфрата потеряли объем пресной воды, сопоставимый с объемом Мертвого моря. Ученые связывают это с затяжной засухой и бесконтрольной откачкой грунтовых вод.

Хотя регион сегодня преимущественно мусульманский, обмеление реки находит отклик в обеих религиозных традициях. Внимание христианского мира приковано к Книге Откровения (16:12), где говорится, что вода в Евфрате высохнет, «чтобы приготовить путь царям с Востока». В исламских хадисах иссушение реки также связывают с приближением Судного дня – согласно преданию, мелеющий Евфрат должен открыть «гору золота», которая станет причиной раздора.

Слова пророков о «засухе на водах» сегодня звучат для жителей региона как отчет о реальном положении дел. По прогнозам Министерства водных ресурсов Ирака, река может полностью пересохнуть к 2040 году, если не будут приняты решительные меры.

Это вызывает серьезные опасения. Тысячи людей, чья жизнь веками зависела от реки, уже сегодня сталкиваются с нехваткой продовольствия и болезнями. Сообщается о вспышках холеры, брюшного тифа и кори, вызванных загрязнением остатков речной воды. Дефицит вакцин превращает место, которое некогда было колыбелью цивилизации, в зону гуманитарного бедствия.

На фоне высыхания Евфрата активизировались и дискуссии о географии библейских событий. Одной из самых обсуждаемых в сети стала гипотеза специалиста по компьютерному моделированию Константина Борисова. С помощью цифровых методов он попытался доказать, что Эдемский сад мог находиться вовсе не в Месопотамии (современном Ираке), а в Египте, в районе пирамид Гизы.

Борисов основывается на картах V века до н. э. и трудах историка Иосифа Флавия, согласно которым четыре реки Эдема могли соответствовать Нилу, Тигру, Евфрату и Инду. В своих работах исследователь заходит еще дальше, пытаясь найти в математической структуре Великих пирамид модели, напоминающие ветвящееся «Древо жизни».

Америка

Штаты Нижнего бассейна продвигают план по стабилизации реки Колорадо с экономией около 3,95 млрд м³ воды до 2028 года¹⁶

Учитывая, что прогнозируемый приток воды в озеро Озеро Пауэлл составит лишь 29 % от исторического среднего уровня, а совокупный объем запасов воды в системе оценивается примерно в 36 % от полной емкости водохранилищ, три штата Нижнего бассейна представили совместное предложение в рамках продолжающихся переговоров между семью штатами региона.

План, направленный 1 мая штатами Аризона, Калифорния и Невада в Бюро мелиорации США, предусматривает экономию до 3,95 млрд м³ к 2028 г. Этого планируется достичь за счет сокращения ежегодного объема водозабора примерно на 1,54 млрд м³, а также расширения программ водосбережения, способных обеспечить дополнительную экономию от 863 млн м³ до 1,23 млрд м³ воды.

Предложение представляет собой комплексный и неделимый пакет мер, включающий координированное управление уровнем воды в озере Пауэлл, сброс воды из верхних накопительных объектов проекта на реке Река Колорадо, расширение механизма «намеренно создаваемого излишка», создание нового резервного резервуара для племенных общин объемом около 345 млн м³ воды, а также модернизацию инфраструктуры плотины Плотина Глен-Каньон. Подчеркивается, что ни один из элементов плана не может рассматриваться или изменяться отдельно от остальных.

Система, находящаяся в состоянии острого стресса

Столь срочные меры обусловлены стремительным ухудшением гидрологической ситуации. По прогнозам Бюро мелиорации США, приток воды в Озеро Пауэлл в текущем гидрологическом году составит около 3,43 млрд м³ — это может стать вторым худшим показателем речного стока за всю историю наблюдений. Такого объема недостаточно для поддержания

¹⁶ Источник: Lower Basin states advance 3.2 million acre-feet plan to stabilise Colorado River through 2028 / <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/lower-basin-states-advance-32-million-acre-feet-plan-stabilise-colorado> Опубликовано 4.05.2026

выработки гидроэлектроэнергии на плотине Плотина Глен-Каньон к концу лета 2026 г., если не будут приняты экстренные меры. В настоящее время власти готовят скоординированный сброс воды из водохранилища Водохранилище Флейминг-Гордж, чтобы поднять уровень воды в озере Пауэлл примерно на 16,5 метра и сохранить работу гидроузла выше критической отметки как минимум до 2027 г.

Квоты на сокращение водопотребления в 2027–2028 гг. распределены между штатами следующим образом:

- Аризона — около 937 млн м³ воды в год;
- Калифорния — около 543 млн м³;
- Невада — около 62 млн м³.

Распределение основано на данных о программах водосбережения в Нижнем бассейне, которые, по заявлениям штатов, с 2003 г. позволили вернуть в систему более 13,6 млрд м³ воды. Реализация плана зависит от федерального финансирования и потребует одобрения законодательного собрания Аризона, а также руководящих органов водохозяйственных структур Калифорния и Невада.

Солидарность Нижнего бассейна и молчание Верхнего

Предложение получило широкую поддержку со стороны крупнейших региональных водохозяйственных организаций. Управление водоснабжения Южной Калифорнии признало, что предполагаемые сокращения поставок воды будут весьма существенными, однако подчеркнуло: долгосрочная неопределённость представляет ещё больший риск для региона. «Наибольшую угрозу представляет именно постоянная неопределённость вокруг этого источника водоснабжения, который лежит в основе надёжности всей системы водообеспечения бассейна», — заявил генеральный директор Шиваджи Дешмух. Поддержку инициативе также выразил Имперский ирригационный округ, подчеркнув при этом, что любое участие в программе должно сопровождаться достаточным федеральным финансированием и учитывать экологические и социальные проблемы, связанные с Озеро Солтон.

В то же время предложенный план не устраняет ключевую проблему — отсутствие конкретных обязательств со стороны штатов Верхнего бассейна. Колорадо, Юта, Вайоминг и Нью-Мексико пока не согласовали поддающиеся проверке меры по сокращению водопотребления. Именно этот пробел, по мнению участников инициативы, и должен быть компен-

сирован предложением Нижнего бассейна. Штаты заявляют, что готовы рассмотреть инициативу Верхнего бассейна о посредничестве, однако настаивают: нынешняя ситуация требует немедленных и совместных действий со стороны всех участников. «Сейчас настало время для каждого водопользователя в бассейне удвоить усилия по сохранению водных ресурсов», — заявил Джон Энтсмингер, глава Управление водных ресурсов Южной Невады.

Что будет дальше

Предложенный план был подан в рамках процедуры реализации Закон США о национальной экологической политике (NEPA) на период после 2026 г. Министерство внутренних дел США в настоящее время разрабатывает окончательные правила управления водными ресурсами, которые должны вступить в силу к 1 октября 2026 г. — после истечения срока действия Внутренние руководящие принципы 2007 г. и План действий на случай засухи 2019 г. Штаты Нижнего бассейна подчеркивают, что нынешний план рассматривается как переходный этап на пути к долгосрочному соглашению между всеми семью штатами бассейна реки Река Колорадо, а не как его окончательная замена. Возможность достижения более масштабного соглашения между штатами всё ещё сохраняется, однако гидрологические данные всё более ясно указывают на то, что времени для выработки компромиссного решения остаётся крайне мало.

Американские водохозяйственные системы под давлением: растут расходы и возрастает неопределённость в водообеспечении¹⁷

Оливия Темпест

Согласно новому отраслевому отчету, американские предприятия водоснабжения вступают в период растущей неопределенности. В отчете указывается, что системы, обеспечивающие питьевой водой миллионы людей,

¹⁷ Источник: Olivia Tempest. Report finds America's water systems face rising costs and uncertain supply / <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/report-finds-americas-water-systems-face-rising-costs-and-uncertain-supply> Опубликовано 4.05.2026

сталкиваются с серьезными трудностями из-за устаревшей инфраструктуры, роста затрат и меняющихся климатических рисков.

В документе «Состояние водохозяйственной отрасли в 2026 г.», подготовленном Американской ассоциацией водоснабжения на основе опроса 2171 специалиста, отмечается, что, хотя на данный момент ситуация в отрасли остается стабильной, уверенность в её ближайшем будущем снижается.

Респонденты оценили текущее состояние отрасли в среднем на 4,72 балла из семи, что примерно соответствует показателям предыдущих лет. Однако при оценке перспектив на ближайшие пять лет этот показатель снизился до 4,53 — самого низкого значения за последние восемь лет. По мнению экспертов, эти цифры свидетельствуют о том, что отрасль в настоящее время сохраняет стабильность, но готовится к более сложным условиям.

Основным источником беспокойства является инфраструктура. Как отмечается в отчете, многие водохозяйственные системы по-прежнему используют трубопроводы и сооружения, построенные несколько десятилетий назад, а некоторым из них уже почти сто лет. Замена и модернизация этих объектов в настоящее время рассматриваются как главный приоритет отрасли, потеснив на первом месте вопрос финансирования, который занимал лидирующую позицию в прошлом году.

Масштаб задачи оценивается как огромный. По данным отчета, предприятиям питьевого водоснабжения до 2050 г. потребуется от 2,1 до 2,4 трлн долл. США инвестиций. В отчете отмечается, что без дополнительного финансирования ежегодные расходы будут не достигать необходимого уровня на десятки миллиардов долларов, что может привести к резкому росту счетов за воду для населения.

Как подчеркивается в документе, финансовое давление уже сказывается на отрасли. Менее половины руководителей коммунальных компаний заявляют, что их доступ к капиталу остается на прежнем уровне последних пяти лет, а только 43 % сообщают, что им удастся полностью покрывать текущие расходы за счет тарифов и сборов. При этом почти половина опрошенных ожидает повышения тарифов в течение ближайших пяти лет, и около четверти планируют повышение уже в следующем году.

В отчете также указывается, что коммунальные предприятия сталкиваются с факторами, не зависящими от их контроля. Речь идет о тарифах, введенных или повышенных в 2025 г., которые, по мнению более половины респондентов, привели к значительному удорожанию оборудования и материалов. Кроме того, сбои в цепочках поставок продолжают задерживать реализацию проектов, а экстремальные погодные явления, включая

засухи и лесные пожары, становятся все более частыми и разрушительными.

Эти нагрузки заставляют коммунальные предприятия пересматривать свои подходы к планированию и ведению деятельности. В отчетах подчеркивается, что в бюджетах необходимо учитывать нестабильность, а сроки выполнения работ становятся всё более неопределёнными. В результате формируется система, которая продолжает функционировать, но с меньшим запасом на ошибки.

Технологии открывают как новые возможности, так и создают риски. В настоящее время основное внимание уделяется кибербезопасности: 62 % респондентов называют её главным приоритетом. Большинство коммунальных предприятий заявляют, что уже полностью профинансировали свои программы по кибербезопасности или планируют сделать это в ближайшее время. Одновременно растёт интерес к искусственному интеллекту: более половины респондентов ожидают положительного эффекта от технологий генеративного ИИ, хотя лишь небольшое число организаций разработали официальные правила, регулирующие их использование.

Этот разрыв отражает более широкие опасения по поводу цифровых угроз. Большинство респондентов выражают серьёзную обеспокоенность кибератаками, при этом небольшие коммунальные предприятия отмечают ограниченные возможности по внедрению надежных средств защиты. Помимо инфраструктуры и технологий, в отчете подчеркивается более глубокая проблема — долгосрочная доступность самой воды. Согласно данным, половина респондентов считают, что они хорошо подготовлены к удовлетворению будущего спроса, однако этот показатель снизился по сравнению с предыдущим годом, а 16 % специалистов заявляют, что их предприятия к этому не готовы вообще.

В некоторых регионах напряженность уже ощущается. Согласно отчету, 11 % коммунальных предприятий сообщают о частых или хронических перебоях с водоснабжением, а ещё треть отмечает, что работает в предельных условиях, когда даже незначительные изменения в объемах водоснабжения или спроса могут привести к возникновению трудностей. Дополнительную нагрузку создают климатические колебания, рост населения и появление новых источников спроса, включая центры обработки данных. В отчете указывается, что многим коммунальным предприятиям потребуется увеличить инвестиции в прогнозирование, меры по экономии воды и развитие альтернативных источников водоснабжения, чтобы соответствовать современным требованиям.

Проблемы с кадровым составом еще больше усложняют ситуацию. Ожидается, что примерно каждый пятый сотрудник коммунальных предприятий достигнет пенсионного возраста в течение ближайших пяти лет,

что вызывает опасения по поводу утраты опыта и накопленных знаний. Между тем повседневные трудности, связанные с обслуживанием устаревающих систем, сказываются на персонале. Более половины руководителей коммунальных предприятий отмечают, что сверхурочная работа оказывает заметное влияние на моральный дух сотрудников, при этом значительная часть дополнительной нагрузки связана с аварийными ремонтами и сбоями в работе систем.

Одной из ключевых проблем, как отмечается в отчете, становится доверие общественности. Обеспокоенность по поводу загрязняющих веществ, таких как микропластик и ПФАС, остается высокой, и коммунальные предприятия уделяют всё больше внимания коммуникации и информационно-просветительской работе. Две трети опрошенных сообщают о полной реализации планов по взаимодействию с потребителями, что, по мнению экспертов, свидетельствует о необходимости поддерживать доверие к качеству воды.

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что сектор водоснабжения продолжает предоставлять жизненно важные услуги, однако находится под растущим давлением. Коммунальные предприятия вынуждены справляться с увеличением затрат, непредсказуемым внешним воздействием и долгосрочными рисками в сфере поставок, при этом обеспечивая бесперебойное обслуживание. При этом в документе не делается прогнозов о наступлении кризиса; вместо этого отмечается постепенное накопление проблем, которые, если их не решать, могут кардинально изменить принципы функционирования систем водоснабжения в ближайшие годы.

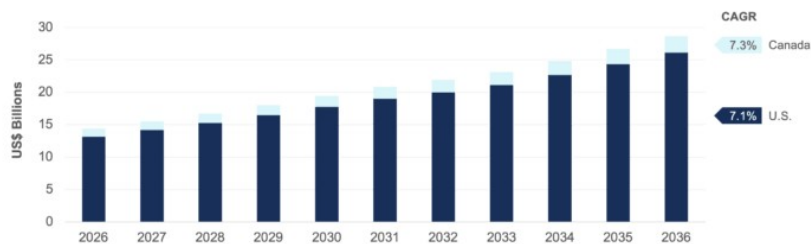
Расходы на цифровые решения в водном секторе США и Канады удвоятся к 2036 году на фоне масштабирования коммунальных систем¹⁸

Городские системы коммунального водоснабжения США и Канады переходят от начального этапа внедрения цифровых технологий к масштабному и системному развертыванию решений и устройств для создания подключенной инфраструктуры. По данным Bluefield Research — ведущего поставщика аналитических данных по мировому рынку водоснабжения, данный переход приведет к увеличению расходов на цифровые технологии в секторе водоснабжения с текущих 14,4 млрд долл. США до 28,6 млрд долл. США к 2036 г. Основными факторами роста выступают износ и сбои инфраструктурных объектов, учащение засух и ужесточение нормативно-правовых требований.

В новом отчете «Рынок цифровых решений для водоснабжения США и Канады: тенденции и прогнозы роста на 2026–2036 годы» (U.S. & Canada Digital Water Market: Trends and Forecasts, 2026–2036) прогнозируется, что совокупные расходы на цифровые решения для водоснабжения в течение следующего десятилетия достигнут 230 млрд долл. США при среднегодовом темпе роста (CAGR) 7,1 %. Это делает сектор цифровых решений для водоснабжения одним из наиболее перспективных направлений инвестирования в инфраструктуру Северной Америки, опережающим по темпам роста инвестиции в традиционную инфраструктуру коммунального водоснабжения.

По словам Ли Рэмси, старшего аналитика компании Bluefield Research, цифровые технологии трансформируют все сектора экономики, и городская водохозяйственная инфраструктура не является исключением. При этом отмечается, что темпы внедрения цифровых решений существенно различаются в зависимости от масштаба систем коммунального водоснабжения, местных условий и особенностей нормативно-правовой среды.

¹⁸ Источник: U.S. and Canada digital water solutions spend to double by 2036 as utilities scale up / <https://smartwatermagazine.com/news/bluefield-research/us-and-canada-digital-water-solutions-spend-double-2036-utilities-scale> Опубликовано 13.05.2026



Учет: от мониторинга к управлению в режиме реального времени

Доля интеллектуальных счетчиков демонстрирует устойчивый рост: среднегодовой темп роста (CAGR) составляет 9,7 % по сравнению с 2,6 % у стандартных приборов учета. Это связано с тем, что предприятия коммунального водоснабжения рассматривают инфраструктуру интеллектуальных систем учета (AMI) как ключевой элемент цифровой трансформации операционной деятельности. Переход к таким системам обеспечивает двустороннюю связь с потребителями в режиме реального времени, что позволяет преобразовать системы учета из инструмента, предназначенного исключительно для выставления счетов, в платформу оперативной аналитики, поддерживающую обнаружение утечек, более эффективное управление спросом и обеспечение прозрачности функционирования всей сети.

Управление активами: от реагирующего технического обслуживания к прогнозному управлению

Управление активами является наиболее быстрорастущим сегментом цифровых технологий в сфере водоснабжения в абсолютном выражении: его объем, по прогнозам, увеличится с 2,3 млрд долл. США до 5,5 млрд долл. США к 2036 г. при среднегодовом темпе роста 8,8 %. Это свидетельствует о пересмотре предприятиями коммунального водоснабжения существующих подходов к управлению инфраструктурой. Дроны, современные технологии инспектирования и инструменты оценки технического состояния объектов все чаще дополняют или заменяют традиционные плановые циклы технического обслуживания системами непрерывного мониторинга. Такой подход обеспечивает предприятия коммунального водоснабжения данными, позволяющими определять приоритеты капитальных вложений с учетом участков, где риски для функционирования системы являются наиболее высокими, а не только наиболее очевидными.

Обнаружение утечек: от мониторинга к устранению потерь

Ожидается, что в течение следующего десятилетия инвестиции в системы обнаружения утечек увеличатся почти в четыре раза, поскольку потери воды все чаще рассматриваются как стратегическая проблема. При этом в различных регионах США применяются разные подходы к ее решению: в Нью-Йорке для еженочной проверки около 12,2 км трубопроводов привлекаются выездные бригады, тогда как в Атланте внедряется более 1000 датчиков для обеспечения непрерывного автоматизированного мониторинга. Несмотря на различия в подходах, оба метода отражают высокую актуальность задачи сокращения потерь воды.

По словам Ли Рэмси, на западе США предприятия коммунального водоснабжения сталкиваются с постоянной угрозой засух, тогда как на юго-востоке основными вызовами являются высокие показатели некоммерческих потерь воды в условиях роста численности населения. В связи с этим выявление утечек рассматривается как один из ключевых инструментов оценки состояния инфраструктуры в условиях различных региональных вызовов.

Сточные воды: от соблюдения нормативных требований к обеспечению устойчивости

В январе текущего года крупный перелив канализационных стоков в Вашингтон привел к попаданию в окружающую среду миллионов галлонов неочищенных сточных вод, что продемонстрировало уязвимость стареющей канализационной инфраструктуры. Подобные события способствуют переходу от мониторинга, ориентированного преимущественно на соблюдение нормативных требований, к подходам, направленным на повышение устойчивости систем, что, по прогнозам, приведет к увеличению инвестиций в цифровые технологии в сфере сточных вод с 1,2 млрд долл. США в 2026 г. до 2,8 млрд долл. США к 2036 г. В Ванкувер количество ежегодных инспекций канализационных сетей с использованием цифровых инструментов увеличивается в два раза для предотвращения критических отказов инфраструктуры, что является практическим примером трансформации подходов к управлению и инвестициям в инфраструктуру под влиянием цифровых технологий.

От цифровых систем к безопасной цифровой инфраструктуре

По мере расширения предприятиями коммунального водоснабжения инфраструктуры с сетевым подключением прогнозируется, что в течение следующего десятилетия инвестиции в кибербезопасность увеличатся почти в два раза. Развитию данного направления способствуют новые нормативные механизмы, включая требования, введенные в штате Нью-Йорк, которые формируют отраслевые стандарты в области кибербезопасности. Управление информацией рассматривается как наиболее быстрорастущая категория цифровых продуктов для водохозяйственного сектора: среднегодовой темп роста (CAGR) оценивается на уровне 10,8 %. Рост данного сегмента обусловлен увеличением объемов данных, а также усилением требований к их обработке и соблюдению нормативных требований в условиях возрастающей интеграции и цифровизации операционной деятельности.

Следующее десятилетие будет связано не столько с внедрением отдельных технологий, сколько с их интеграцией во все направления деятельности предприятий коммунального водоснабжения, которые зачастую функционируют разрозненно и характеризуются устоявшимися организационными практиками. Ожидается, что переход от фрагментарных цифровых решений к системному операционному анализу будет определять развитие современных систем водоснабжения и формировать спрос на технологические решения и поставщиков, участвующих в их создании.

Океания

Реки для будущих поколений: знания и партнёрство в управлении речными бассейнами¹⁹

Сародж Кумар Джа, Эндрю МакКонвилл

В сентябре 2025 г. Всемирный банк и Бассейновое управление Мюррей–Дарлинг (MDBA) объявили о начале нового партнерства и подписали меморандум о взаимопонимании, направленный на укрепление обмена знаниями и сотрудничества в области управления речными бассейнами и трансграничными водными ресурсами. Это партнерство стало результатом многолетнего обмена передовым опытом и знаниями, включая подготовку серии из трёх докладов, посвящённых использованию австралийского опыта в оценке стоимости воды для экономических, экологических и культурных целей.

Соглашение между Бассейновым управлением Мюррей–Дарлинг и Всемирным банком заключено в особенно важный момент: оно способствует укреплению ключевых приоритетов и факторов, необходимых для реализации недавно утверждённого Плана реализации Стратегии Группы Всемирного банка в области водных ресурсов (WSIP), а также совпадает по времени с пересмотром плана развития бассейна MDBA в 2026 г. Эти процессы имеют много общего и акцентируют внимание на масштабируемых решениях и комплексных подходах к решению сложных проблем в сфере водных ресурсов.

Инициатива WSIP ставит цель к 2030 г. повысить уровень водообеспеченности для 400 млн человек в рамках трёх основных направлений: «Вода для людей» (250 млн человек), «Вода для продовольствия» (50 млн человек) и «Вода для планеты» (100 млн человек). Она также является вкладом Группы Всемирного банка в новую инициативу «Water Forward» («Вода прежде всего»). В рамках этой инициативы реализуются семь масштабируемых решений, два из которых имеют особое значение для бассейнов трансграничных рек: меры по реагированию на наводнения и засу-

¹⁹ Источник: Saroj Kumar Jha, Andrew McConville. Rivers for generations: Knowledge and partnerships for river basins / <https://blogs.worldbank.org/en/water/rivers-for-generations--knowledge-and-partnerships-for-river-bas> Опубликовано 17.04.2026

хи, а также восстановление и защита рек и водоносных горизонтов. Реализация инициативы обеспечивается Банком знаний Группы Всемирного банка, соглашениями по водным ресурсам, разрабатываемыми под руководством стран, а также подходом «Water Forward», который предусматривает мобилизацию специализированных механизмов, таких как Глобальный фонд трансграничных вод. Этот подход дополняется усилиями по координации действий многосторонних банков развития, агентств ООН, благотворительных организаций и частного сектора.

Обзор Плана развития бассейна на 2026 г., подготовленный Управлением по бассейну реки Мюррей–Дарлинг (MDBA), посвящён вопросам изменения климата, ограничений устойчивого водопользования, результатам взаимодействия с коренными народами и структуре нормативно-правового регулирования. Он станет дорожной картой, которая позволит более надёжно обеспечить экологическую устойчивость, сохранение культурных ценностей и процветание местных сообществ в условиях усиливающейся климатической изменчивости и засух в этом трансграничном речном бассейне.

Три урока, извлечённые из Плана по бассейну реки Мюррей–Дарлинг, находят отражение в концепции Плана реализации Стратегии Группы Всемирного банка в области водных ресурсов (WSIP), призванной обеспечить водообеспеченность во всём мире, включая бассейны общих рек на национальном и трансграничном уровнях.

Во-первых, данные, технологии и системы знаний. Опираясь на надёжные научные данные, мониторинг, дистанционное зондирование и системы поддержки принятия решений, Бассейновое управление Мюррей–Дарлинг наглядно демонстрирует, почему достоверные данные и прозрачная аналитика являются основой рационального управления водными ресурсами. Модель реализации Стратегии Всемирного банка в области водных ресурсов также опирается на Банк знаний Группы Всемирного банка и региональные центры (напр., Сингапурский центр по водным ресурсам) с целью преобразования данных в практические решения и масштабирования успешных подходов. Данная стратегия уделяет приоритетное внимание цифровизации, инструментам искусственного интеллекта, дистанционному зондированию и аналитике данных, создавая положительный цикл, в котором более качественная информация укрепляет доверие, снижает риски и способствует привлечению финансирования для поддержки реформ и инвестиций.

Во-вторых, надёжные политические и институциональные рамки. Опыт Бассейнового управления Мюррей–Дарлинг подчёркивает важность планирования на уровне бассейна в рамках чёткой правовой и управленческой системы, охватывающей несколько юрисдикций, что даёт важные

уроки для управления трансграничными речными бассейнами. Программа Плана реализации Стратегии Группы Всемирного банка в области водных ресурсов (WSIP) уделяет не меньшее внимание институтам и механизмам управления, которые определяют чёткие направления и приоритеты инвестиций в водный сектор. С помощью «водных соглашений» WSIP помогает правительствам формулировать цели, распределять роли и отслеживать результаты деятельности различных ведомств, в том числе за пределами национальных границ, уделяя особое внимание адаптации к изменениям гидрологической обстановки и меняющимся приоритетам развития.

И, в-третьих, партнёрство и скоординированные действия. Успех в бассейне Мюррей–Дарлинг во многом зависит от развития партнёрских отношений между штатами, водопользователями и местными сообществами. Подход WSIP к партнёрству позволяет масштабировать эту логику на глобальный уровень. Он предусматривает призыв к многосторонним банкам развития, партнёрам по развитию, благотворительным организациям и представителям частного сектора объединять усилия и координировать финансовую и техническую поддержку в рамках национальных соглашений по водным ресурсам, чтобы повысить эффективность и устойчивость мер в сфере водоснабжения и охватить значительно больше людей, чем это может сделать Группа Всемирного банка в одиночку. Существующие механизмы, такие как Глобальное партнёрство по обеспечению безопасности водоснабжения и санитарии (GWSP), уже способствуют реализации таких скоординированных действий при поддержке партнёров, включая Министерство иностранных дел и торговли Австралии (DFAT), которое предоставляет специализированные технические знания и финансовые ресурсы для укрепления программ в области водоснабжения, реализуемых под руководством самих стран.

Заглядывая в будущее, можно отметить реальные возможности для дальнейшего обмена опытом и преобразования этого партнёрства в практические результаты для речных бассейнов по всему миру. Ниже перечислены три конкретные области, в которых правительствам и организациям по управлению речными бассейнами требуется поддержка:

1. Стандартизация планирования и реализации. Хотя проблемы в сфере водных ресурсов требуют решений и подходов, учитывающих местную специфику, более широкая стандартизация планов управления реками и водоносными горизонтами — как на этапе их разработки, так и на этапе реализации — может способствовать более активному внедрению этих инструментов и сокращению времени от определения инвестиционных проектов до их реализации и получения результатов.

2. Предоставление правительствам необходимых экспертных знаний. Наличие институционального и нормативно-правового потенциала

для планирования в речных бассейнах на национальном и трансграничном уровнях имеет решающее значение, однако многие страны сталкиваются с ограниченными возможностями в этой сфере. Экспертные знания Бассейнового управления Мюррей–Дарлинг являются уникальными и крайне актуальными для деятельности Группы Всемирного банка в области распределения водных ресурсов между секторами, установления устойчивых лимитов водозабора и признания традиционных форм водопользования

3. Использование ИИ для устранения пробелов в данных. Несмотря на улучшения в обмене гидрологическими данными, Африка, Южная Америка и Азия по-прежнему недостаточно охвачены системами наблюдений, что подчёркивает необходимость усиления мониторинга и обмена данными. Технологии на основе искусственного интеллекта и наблюдения Земли могут помочь преодолеть ограничения, связанные с недостаточной доступностью или отсутствием данных. Например, ИИ-подходы могут поддерживать системы раннего предупреждения о наводнениях в бассейнах без гидропостов, а также служить основой для разработки цифровых двойников речных бассейнов.

В заключение следует отметить, что радикальные изменения в обеспеченности водными ресурсами в сочетании с растущим спросом требуют более оперативных и эффективных мер, которые помогут странам реализовать потенциал водных ресурсов для экономического роста и обеспечения устойчивости. Партнёрство Группы Всемирного банка и MDBA призвано способствовать реализации таких мер, объединяя опыт Бассейнового управления Мюррей–Дарлинг в управлении крупнейшей речной системой Австралии с глобальными знаниями Всемирного банка в области инновационного финансирования проектов в речных бассейнах как на национальном, так и на трансграничном уровнях.

Технологии

Учёные предложили более дешёвый способ очистки воды от «вечных химикатов»²⁰

Учёные из Флоридского международного университета представили технологию, позволяющую более эффективно и экономично удалять так называемые «вечные химикаты» (PFAS) из воды. Результаты исследования опубликованы в журнале *Journal of Hazardous Materials Advances*.

PFAS (пер- и полифторалкильные вещества) известны своей высокой устойчивостью: они практически не разрушаются в окружающей среде и способны накапливаться в воде, почве и живых организмах. По оценкам исследователей, существующие методы очистки остаются либо дорогостоящими, либо недостаточно эффективными, особенно при необходимости обработки больших объёмов питьевой воды.

Предложенный подход основан на использовании производных циклодекстринов — молекул сахара кольцевой структуры, которые способны связывать линейные молекулы PFAS. Как пояснил профессор химии Кевин О'Ши, такие молекулы действуют как «молекулярные ловушки», удерживая загрязнители в воде. Однако ключевым элементом новой технологии стал контроль кислотно-щелочного баланса среды.

В нейтральной среде материалы эффективно связывают PFAS. При повышении pH, например при добавлении щелочных веществ, молекулы приобретают одинаковый заряд и начинают отталкиваться друг от друга, что приводит к высвобождению загрязнителей. Это позволяет не только извлекать PFAS из воды, но и регенерировать сам материал для повторного использования.

Разработчики отмечают, что такой механизм делает технологию потенциально более устойчивой и экономически доступной по сравнению с существующими решениями. В частности, появляется возможность концентрировать загрязнители и удалять их без необходимости полной очистки всей массы воды.

Исследование стало продолжением ранее запатентованных разработок, в рамках которых циклодекстриновые структуры закреплялись на твёрдых носителях. Новая версия технологии дополняет этот подход воз-

²⁰ Источник: <https://nia.eco/2026/04/21/113408/> Опубликовано 21.04.2026

возможностью управляемого «включения и выключения» процесса за счёт изменения pH.

По словам авторов работы, разработка может стать одним из инструментов в решении проблемы глобального загрязнения PFAS, которая рассматривается как одна из наиболее устойчивых экологических угроз для водных ресурсов и здоровья человека.

Семена растения предложили использовать для очистки воды²¹

Учёные предложили использовать семена растения моринга для очистки питьевой воды от микропластика. Исследование показало, что натуральный экстракт способен эффективно удалять пластиковые частицы, не уступая традиционным химическим реагентам.

Работа выполнена исследователями Государственного университета Сан-Паулу (Бразилия) и опубликована в журнале ACS Omega.

Микропластик остаётся одной из ключевых проблем водных экосистем. Частицы пластика сохраняются даже после стандартной очистки воды и могут попадать в питьевые источники, создавая потенциальные риски для здоровья.

Предложенный метод основан на процессе коагуляции. Экстракт семян моринги нейтрализует электрический заряд частиц микропластика, благодаря чему они начинают слипаться в более крупные агрегаты. Это облегчает их последующее удаление при фильтрации через песчаные фильтры.

В ходе экспериментов исследователи сравнили эффективность моринги с широко применяемым сульфатом алюминия. Результаты показали сопоставимую эффективность, а в щелочной среде натуральный коагулянт продемонстрировал даже лучшие показатели.

Испытания проводились на воде, загрязнённой микропластиком из поливинилхлорида (ПВХ), который считается одним из наиболее опасных видов пластика. Для приближения условий к реальным образцы подвергались ультрафиолетовому воздействию, имитирующему естественное старение материала.

²¹ Источник: <https://nia.eco/2026/04/22/113492/> Опубликовано 22.04.2026

После обработки учёные фиксировали снижение концентрации микропластика с помощью электронной микроскопии и анализа размеров частиц. Оба метода — с использованием химического реагента и экстракта моринги — показали близкие результаты по эффективности удаления загрязнений.

Отдельное внимание уделено экологическим преимуществам технологии. В отличие от традиционных коагулянтов на основе алюминия или железа, моринга является биоразлагаемым материалом и не образует устойчивых токсичных остатков. Это делает её потенциально более безопасной альтернативой, особенно для небольших населённых пунктов и сельских территорий.

При этом исследователи отмечают, что использование моринги может сопровождаться увеличением содержания органических веществ в воде, что требует дополнительных этапов очистки. Однако в малых масштабах этот фактор не является критичным с точки зрения затрат.

В настоящее время технология тестируется на воде из реальных источников, включая реку Парайба-ду-Сул. Предварительные результаты подтверждают её эффективность вне лабораторных условий.

Простая металлическая трубка позволяет прогнозировать засуху заблаговременно²²

В феврале, в снежное утро, гидролог Службы охраны природных ресурсов Министерства сельского хозяйства США Тоби Роджерс осуществлял полевые исследования в Каскадных горах штата Вашингтон, перемещаясь по заснеженному ландшафту в снегоступах. Отмечалось, что целью его выезда являлся отбор образцов снежного покрова для оценки гидрологических параметров водосбора. В ходе работ он использовал специализированное, хотя и технически простое устройство — металлический снегомерный пробоотборник цилиндрической формы из алюминиевого сплава с зазубренной режущей кромкой.

На участке отбора проб инструмент был вертикально ориентирован и внедрён в снежную толщу с последующим извлечением керна снега, заключённого внутри трубки. Полученный образец подвергался гравиметри-

²² Источник: This simple metal tube helps scientists predict drought before it happens / <https://www.preventionweb.net/news/simple-metal-tube-helps-scientists-predict-drought-it-happens>
Опубликовано 15.04.2026

ческому измерению с использованием пружинных весов, что позволяло определить массу снежной колонки. На основе подобных измерений специалист получал расчётные оценки снегозапасов в горных бассейнах, а также прогнозировал потенциальный объём талого стока, поступающего в речные системы, озёра и водохранилища в период весенне-летнего снеготаяния.

Использованный прибор, известный как Church Sampler, несмотря на конструктивную простоту и отсутствие сложных технологических компонентов, рассматривается в гидрологической практике как значимое средство оперативной оценки снегозапасов, применяемое при прогнозировании засух и управлении водными ресурсами.



Снегомерный пробоотборник с вековой историей, сохраняющий актуальность в современной практике

Так называемый «Church Sampler» был разработан Джеймсом Чёрчем, которого в научной литературе нередко называют одним из основоположников снегомерных исследований. Отмечается, что в начале XX века Чёрч преподавал классическую филологию в городе Рино (штат Невада, США) и параллельно с педагогической деятельностью регулярно осуществлял зимние горные экспедиции в хребтах Сьерра-Невада. Предполагается, что именно в ходе таких полевых маршрутов у него сформировался практический интерес к количественной оценке снежных ресурсов.

В тот период водоснабжение Рио и значительной части западных регионов США зависело преимущественно от сезонного снеготаяния в горных бассейнах, в частности в районе озера Тахо и бассейна реки Траки. Однако уже тогда наблюдалось усиление водопотребления, обусловленное развитием сельского хозяйства и промышленности, при отсутствии системного подхода к управлению водными ресурсами.

Чёрч сформулировал принцип гидрологической прогностики, согласно которому величина снегозапасов в зимний период может служить надёжным индикатором будущего объёма талого стока в летний сезон. Таким образом, оценка снежной водозэквивалентности рассматривалась как основа для планирования рационального водопользования и распределения водных ресурсов.

В результате экспериментальных работ Чёрч разработал простое, но функционально эффективное устройство — цилиндрический снегомерный пробоотборник. Первоначально прибор получил название «Mount Rose Sampler» в честь горного района Маунт-Роуз, где он впервые применялся в полевых условиях. В дальнейшем в научной и практической среде за ним закрепилось название «Church Sampler».

В зимний период специалисты в области снегогидрологических исследований осуществляют полевые выезды в горные районы, где проводят отбор проб снежного покрова с использованием снегомерного цилиндрического пробоотборника. Устройство вертикально внедряется в снежную толщу с последующим извлечением керна, при этом нижний слой снежного столба очищается от загрязнений с применением специализированного скребкового инструмента. И независимо от того, является ли снег рыхлым или плотным, его масса будет эквивалентна массе воды, которая образуется при его таянии летом.

Данный метод является простым, но высокоинформативным, поскольку позволяет определить показатель снегозапаса через расчёт снеговой водозэквивалентности. Отмечается, что на основе полученных данных специалистами осуществляется оценка водных ресурсов в пределах снежного покрова.

Указывается, что, как отмечают гидрологи, несмотря на кажущуюся технологическую простоту метода, он сохраняет высокую практическую значимость: снегомерный пробоотборник продолжает использоваться в современных наблюдательных сетях для мониторинга снежных ресурсов.

Результаты первых систематических измерений в районе озера Тахо послужили основой для последующего внедрения аналогичных методов на уровне отдельных штатов, а затем и федеральных структур США. В дальнейшем данная практика была масштабирована на территории западных

регионов страны, где снегомерные наблюдения стали регулярной частью системы водохозяйственного мониторинга.

Несмотря на развитие современных автоматизированных и дистанционных методов измерения снежного покрова, классический снегомерный пробоотборник по-прежнему сохраняет важное значение в системе гидрологических наблюдений благодаря своей надёжности, простоте и высокой точности прямых измерений.

Критический этап для науки о снежном покрове

В современных условиях значение исследований снежного покрова существенно возросло, поскольку изменения климата приводят к увеличению неопределённости при прогнозировании параметров снежного покрова. Вследствие повышения зимних температур на ряде долгосрочных наблюдательных пунктов, функционировавших на протяжении десятилетий, устойчивый снежный покров либо существенно сокращается, либо полностью отсутствует.

По оценкам специалистов, на отдельных маршрутах наблюдений, заложенных более ста лет назад, ранее фиксировались более стабильные характеристики снежного покрова. В настоящее время при проведении измерений сохраняется высокая степень неопределённости относительно фактических условий на участке наблюдений. Одновременно изменяется и характер зимних осадков: интенсивные штормовые системы, ранее формировавшие преимущественно снег, всё чаще приводят к выпадению дождя. Подобная ситуация наблюдалась в районе пункта отбора проб в Стивенс-Пасс (штат Вашингтон), где при значительном общем объёме зимних осадков их большая часть выпала в виде дождя.

Данное явление в научной литературе обозначается как «снежная засуха» и имеет региональный масштаб, распространяясь далеко за пределы штата Вашингтон на значительную часть западных территорий США. Указывается, что дата 1 апреля традиционно используется специалистами для оценки максимальных сезонных значений снежного покрова, однако в рассматриваемый период показатели оказались существенно ниже климатической нормы на всей территории региона. В ряде районов Калифорнии и юго-западных штатов объём снежных накоплений составил лишь около 17% от средних многолетних значений, характерных для начала весны. Сложившаяся ситуация формирует предпосылки для развития засушливых условий и повышения риска лесных пожаров, которые рассматриваются как вероятные последствия дефицита снежного покрова.

Согласно данным обзорного исследования, опубликованного в 2021 г. в журнале «Nature», прогнозируется, что в течение последующих 25 лет объём горного снежного покрова в западных регионах может сократиться примерно на четверть от исторических значений. Отмечается, что при сохранении текущих тенденций глобального потепления данная динамика будет усиливаться.

Несмотря на нарастающие риски для водных ресурсов, современная наука располагает значительным объёмом эмпирических данных и аналитических инструментов, позволяющих принимать более обоснованные управленческие решения в условиях климатических изменений. Существенный вклад в формирование этой научной базы внесли как развитие методов исследования снежного покрова, так и применение классических инструментов, включая снегомерный пробоотборник типа Church Sampler, сыгравший важную роль в становлении соответствующего направления исследований.

Новый гидрогель добывает питьевую воду из воздуха только с помощью солнца²³

Учёные разработали гидрогель, который добывает пригодную для питья воду из воздуха даже в сухом климате пустыни с помощью солнечной энергии. Система сохраняет работоспособность более восьми месяцев и может стать дешёвым способом водоснабжения для засушливых регионов. Сейчас установка производит до двух литров воды в день с панели размером с банное полотенце.

Технология основана на гидрогеле — материале из соли и абсорбирующего полимера, который ночью поглощает влагу из воздуха, а днём под воздействием солнечного тепла выделяет её в виде пара. Пар конденсируется в воду, пригодную для питья. Даже в экстремально сухих условиях пустыни Атакама устройство собирало влагу из атмосферы.

Учёные использовали гидрогель из хлорида лития и полиакриламида — полимера, который применяется в том числе в подгузниках. Для поглощения солнечного тепла и нагрева гидрогеля применялся лист алюминия, окрашенный в чёрный цвет. Материал впитывал воду в объёме, в 2–4 раза превышающем его собственный вес. Однако эти версии гидрогелей быстро

²³ Источник: <https://hightech.plus/2026/05/12/novii-gidrogel-dobivaet-pitevuyu-vodu-iz-vozduha-tolko-s-pomoshyu-solnca> Опубликовано 12.05.2026

разрушались. После 30 циклов впитывания и отдачи воды материал начал распадаться, что делало систему непрактичной и потенциально опасной из-за попадания частиц соли и полимера в воду.

После нескольких лет исследований команда выяснила, что деградация происходит из-за контакта гидрогеля с металлическими поверхностями. Металл выделял ионы, запуская химические реакции с образованием радикалов, которые разрушали полимерные цепочки внутри геля. В результате материал превращался в липкую массу и терял способность удерживать влагу.

Решением стало использование специального антикоррозионного покрытия для металлической основы. После этого срок службы гидрогеля резко увеличился. В одном из тестов материал сохранял стабильность более восьми месяцев при температуре 74°C, а также выдержал свыше 190 циклов сбора воды без заметного разрушения.

Учёные считают, что в будущем стоимость производства воды с помощью подобных систем может снизиться до одного цента за литр — это около 1% цены бутилированной воды. При этом система не требует подключения к электросети, поскольку автономно работает исключительно на солнечной энергии.

Сейчас экспериментальная установка способна производить до двух литров воды в день с панели размером примерно с банное полотенце — этого достаточно для базовых потребностей человека в чрезвычайных условиях. Команда рассчитывает увеличить производительность такого устройства до пяти литров в сутки и рассматривает возможность создания стартапа или лицензирования технологии для массового внедрения.

Дагестанские ученые создали «умные» фильтры для питьевой воды²⁴

Эта пленка, состоящая из оксидов титана и ванадия, обладает фотокаталитическими свойствами: под воздействием света она запускает химические реакции, разрушающие патогенные микроорганизмы и органические молекулы.

²⁴ Источник: <https://science.mail.ru/news/49203-steklyannyie-shariki-protiv-bakterij/> Опубликовано 17.05.2026

В отличие от традиционных фильтров, накапливающих загрязнения или требующих замены картриджей, разработка ученых ДГУ работает по принципу фотокатализа. Сам материал не расходуется в процессе очистки и может использоваться многократно. При облучении светом на поверхности нанопокртия $Ti_xV_yO_2$ образуются активные формы кислорода (ROS), которые эффективно уничтожают бактериальные клетки и разлагают органические загрязнители.

Ключевое преимущество технологии — использование в качестве подложки стеклянных шариков, которые уже применяются в системах водоочистки. Это делает разработку легко интегрируемой в существующие промышленные установки. Впервые в мире исследователям удалось вырастить нанослой $Ti_xV_yO_2$ на предварительно нанесенный зародышевый слой ALD Al_2O_3 на стекле. Для анализа структуры и состава полученного покрытия использовались современные методы: сканирующая электронная микроскопия (SEM), энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (EDX) и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS). Последняя позволила впервые получить уникальные данные о химическом состоянии элементов в нанопокртыи.

Для создания покрытия ученые выбрали галогенидные прекурсоры — $TiCl_4$, $VOCl_3$ и воду. Такой выбор не случаен: эти соединения обладают достаточным давлением пара при комнатной температуре и легко переходят в газовую фазу при умеренном нагреве. Кроме того, они значительно экономичнее металлоорганических аналогов, что делает процесс ALD легко масштабируемым и пригодным для интеграции в существующие промышленные системы очистки воды. Разработка особенно актуальна для регионов с ограниченным доступом к качественной питьевой воде. Фильтры с нанопокртием могут стать основой современных многоцветных систем очистки как для питьевой, так и для сточной воды.

Особенность технологии — возможность точной настройки свойств покрытия. Изменяя состав оксидов металлов и толщину нанопленки, ученые могут создавать фильтры, эффективные против конкретных штаммов микроорганизмов. Исследователи уже работают над несколькими направлениями: помимо стеклянных шариков для водяных фильтров команда создает нанопокртыи для керамических и полимерных мембран, а также для воздушных фильтров на основе тканевых и бумажных материалов.

Проект проводится в рамках регионального конкурса Российского научного фонда на проведение фундаментальных исследований. Результаты работы опубликованы в высокорейтинговом журнале *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.

Работа выполнена междисциплинарным коллективом ученых из Махачкалы (ДГУ и ДГМУ), Нижнего Новгорода (ННГУ) и Санкт-Петербурга

(СПбГУ). Проект является частью программы развития ДГУ как участника программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

Российские ученые создали сверхэффективный «фильтр» для очистки воды²⁵

Новый материал для сверхэффективной очистки воды от ядовитых ионов меди создали российские ученые при участии коллег из Франции. По словам авторов разработки, он в 14 раз превосходит активированный уголь и способен за два часа удалить из воды 99 % меди, рассказали РИА Новости в пресс-службе РНФ.

Эффективную альтернативу активированному углю можно получить при комнатных условиях из кремнезема и клея в одну стадию, и материал не требует дополнительной обработки. При производстве нового сорбента используется минимум ресурсов: воды, электроэнергии и химических веществ, добавили в Российском научном фонде (РНФ).

В настоящее время для удаления меди из воды используется мембранная фильтрация или фильтрация ионными смолами, которые могут быть недостаточно эффективны и при этом требуют дорогостоящих реагентов и сложного оборудования. Завышенная относительно норматива концентрация меди в сточных водах не только грозит предприятиям многомиллионными штрафами, но и является угрозой для экосистемы, пояснили в РНФ.

«Медь — один из наиболее токсичных тяжелых металлов, который широко используют в производстве электрических кабелей и проводов, машиностроении и строительстве. При этом содержание меди в воде может значительно превышать нормативы (1 миллиграмм на литр) из-за недостаточно эффективной очистки воды в промышленных регионах», — говорится в сообщении РНФ.

При «работе» нового материала в воде, содержащей медь, металл осаждается на поверхности сорбента в виде нерастворимых соединений. Эти вещества оказываются прочно закреплены на носителе.

«Повышение температуры от комнатной (около 25 °С) до 40 °С улучшает удаление меди из воды, что позволит использовать сорбент для очистки горячих промышленных стоков в металлургии и химической про-

²⁵ Источник: <https://ri.ria.ru/20260519/nauka-2093166765.html> Опубликовано 19.05.2026

мышленности. Наиболее эффективно процесс протекает в кислой и нейтральной среде, где удаляется 99 % меди», — приводятся в сообщении фонда слова одного из авторов разработки, ведущего инженера кафедры неорганической химии и химической экологии ДГУ Шаназа Аммаева.

По словам ведущего научного сотрудника Аналитического центра коллективного пользования Дагестанского федерального исследовательского центра РАН Камиля Рабаданова, в будущем ученые планируют адаптировать сорбент для извлечения других металлов – ртути, кадмия и свинца, а также радиоактивных атомов.

В исследовании также принимали участие ученые из Южного федерального университета (Ростов-на-Дону), Удмуртского федерального исследовательского центра УрО РАН (Ижевск) и Университета Лотарингии (Франция). Результаты представлены в *Inorganic Chemistry Communications*.

Обнаружен способ очистки воды от органики за 90 минут²⁶

Российские ученые представили инновационный фотокатализатор на основе титаната бария и оксида цинка, способный эффективно удалять органические примеси из воды всего за полтора часа облучения.

Группа исследователей из лаборатории «Химия гибридных наноматериалов и супрамолекулярных систем» Института химии растворов им. Крестова РАН синтезировала новое соединение из титаната бария и оксида цинка с уникальными химическими свойствами. Ученые провели эксперименты, касающиеся фотокаталитической активности соединений. Оказалось, что добавление 10% оксида цинка к титанату бария существенно повышает его фотокаталитические свойства (способность ускорять реакции под воздействием света). Так, в ходе эксперимента подобный состав смог нейтрализовать 99,6% органического красителя родамина Б в водном растворе всего за полтора часа облучения ультрафиолетом.

Ключевая особенность этой работы — создание улучшенной схемы распределения электронно-дырочных пар при солнечном облучении. За счет более результативной генерации активных радикалов и форм кисло-

²⁶ Источник: <https://science.mail.ru/news/49644-obnaruzhen-sposob-ochistki-vody-ot-organiki-za-90-minut/> Опубликовано 20.05.2026

рода, участвующих в окислении, очистка от загрязнений протекает значительно эффективнее.

Добавление оксида цинка к титанату бария значительно улучшает его фотокаталитические свойства. Источник: Wikimedia Commons

Кроме того, обычно для увеличения фотокаталитической активности под действием света, для создания соединения берут вещества с разной шириной активной зоны. У оксида цинка и титаната бария ширина такой зоны близка.

В данном случае, несмотря на такую особенность, фотокаталитическая активность у полученного материала высокая, также как и его степень светопоглощения.

Фотокатализ считается одним из наиболее перспективных направлений. Так, внедрение специальных фотоактивных материалов в промышленные фильтры позволит значительно повысить эффективность очистки стоков и атмосферных выбросов.

В МИСИС использовали магнитные наночастицы для очистки воды от красителей²⁷

Специалисты Университета науки и технологий МИСИС с учеными из РНИМУ им. Н.И. Пирогова разработали новую технологию очистки воды от органических красителей. Для этого используются наночастицы феррита кобальта, сообщили в пресс-службе Минобрнауки России.

"Исследователи НИТУ МИСИС синтезировали мезопористые наночастицы феррита кобальта, которые поглощают различные органические красители в зависимости от размера пор. Разработка открывает новые возможности для очистки промышленных сточных вод без дополнительной химической модификации сорбента. Важная особенность материала – он не теряет эффективности после множества циклов использования", – отметили в пресс-службе.

Органические красители – один из наиболее распространенных классов загрязнителей водных сред. Они поступают в сточные воды текстильных, фармацевтических и химических производств и с трудом поддаются традиционным методам очистки. Существующие магнитные нанoadсорбенты требуют химической обработки поверхности наночастиц для эффек-

²⁷ Источник: <https://tass.ru/nauka/27492757> Опубликовано 22.05.2026

тивного связывания загрязнителей: такие покрытия ограничивают спектр улавливаемых веществ, усложняют эксплуатацию систем очистки и последующую регенерацию сорбента.

Главное – внутренняя структура

Авторы исследования доказали, что модификация поверхности наночастиц необязательна. Достаточно правильно выстроить их внутреннюю структуру – именно она определяет, какой краситель и каким способом будет поглощен.

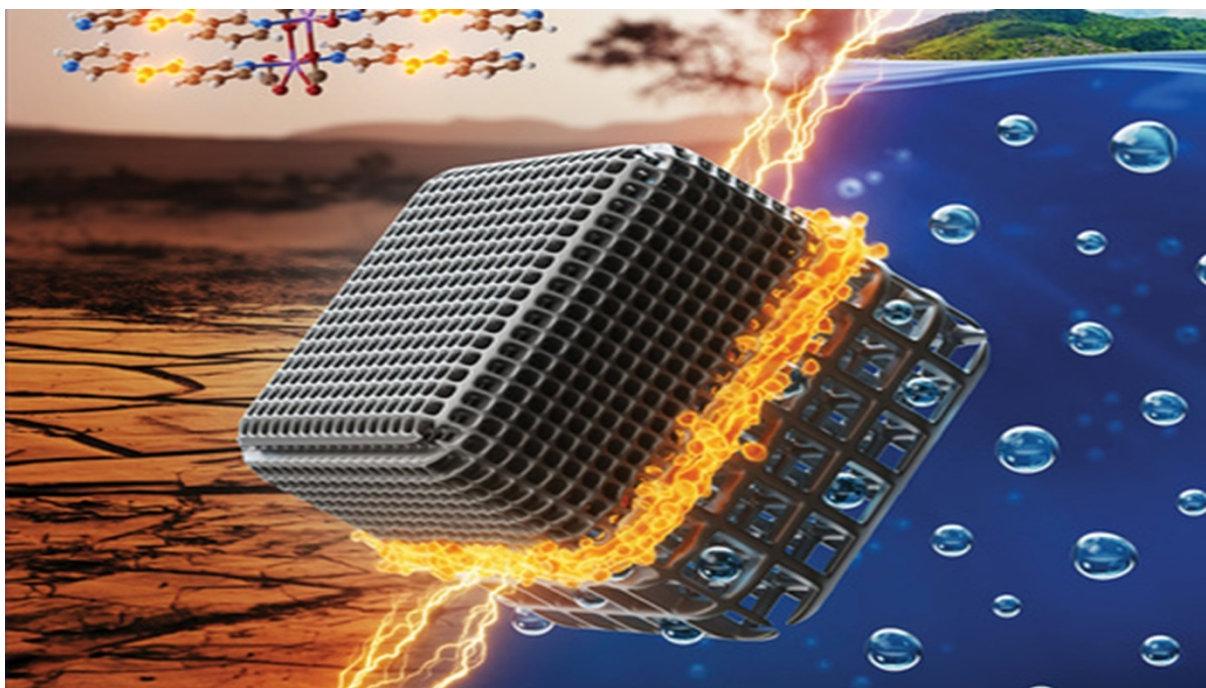
Ученые синтезировали стержневые наночастицы феррита кобальта – крошечные магнитные палочки, пронизанные порами двух типов: мелкими (до 10 нанометров) и крупными (до 50 нанометров). Соотношение пор регулировали скоростью нагрева при обжиге матрицы, из которой затем получались наночастицы: чем медленнее, тем больше мелких пор. После очистки воды наночастицы из нее можно моментально извлечь обычным магнитом. На испытаниях наночастицы успешно справились с тремя наиболее ходовыми красителями: метиленовым синим, метиловым оранжевым и эриохромом синим.

"Разработка меняет сложившееся представление о том, что главное в сорбенте – это химия поверхности. Архитектура пор играет не менее важную роль. В будущем предприятия смогут использовать сорбенты, настроенные на конкретные загрязнители, что проще, дешевле и надежнее в реальных условиях производства. Кроме того, красители имеют разное строение молекул и, попадая в воду, приобретают разный заряд, благодаря чему они – удобная платформа для изучения процессов адсорбции", – рассказал заведующий лабораторией "Биомедицинские наноматериалы" НИТУ МИСИС Максим Абакумов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России по программе "Приоритет 2030". Результаты опубликованы в журнале *Journal of Colloid and Interface Science*.

Создан материал для «неисчерпаемой фляги» — он сам добывает воду из воздуха, пока светит Солнце²⁸

Химики из Университета Айовы предложили необычный способ извлечения воды из атмосферы. Обычно для этого используются пористые абсорбенты в специальных условиях, часто энергозатратных. Новый метод предполагает полное отсутствие затрат на извлечение воды, для чего была разработана активируемая светом Солнца кристаллическая структура, чувствительная к ультрафиолетовому излучению. Это как неиссякаемая фляга с водой, черпающая влагу из воздуха.



В общем случае исследователи использовали такой класс материалов, как металлоорганические каркасы (MOF). Такие материалы состоят из атомов металла в вершинах решётки, соединённых между собой органическими молекулами. Грубо говоря, металлические связи разрываются, а в разрыв вставляется органика. Это позволяет создавать материалы с огромными внутренними пустотами, гибко настраиваемыми под те или иные молекулы. Получаются как бы ящички определённого размера, в которые попадают и остаются там только те молекулы, которые физически туда

²⁸ Источник: <https://3dnews.ru/1142228/sozdan-material-dlya-neischerpaemoy-flyagi-on-sam-dobivaet-vodu-iz-vozduha-poka-svetit-solntse> Опубликовано 22.05.2026

помещаются. Так можно улавливать углекислый газ, что-либо вредное или, наоборот, полезное.

Однако разработка учёных из Айовы оказалась ещё хитрее. В их материале кристаллическая решётка под воздействием УФ-излучения меняет конфигурацию. Поначалу в ней нет полостей, способных абсорбировать влагу из воздуха, но после освещения внутренняя архитектура MOF перестраивается, открывая микроскопические каверны. Рентгеноструктурный анализ материала показал, что после облучения ультрафиолетом в этих новых полостях действительно присутствуют молекулы воды.

Подобные свойства позволяют выпускать «умные» сорбенты, которые не просто пассивно набирают влагу, а активируются солнечным светом. В лабораторных условиях материал удерживал около 5 % воды по отношению к собственной массе, что пока немного по сравнению с лучшими MOF-системами для сбора воды. Однако эксперимент стал доказательством концепции, что позволит в дальнейшем развивать материал и добиваться лучших характеристик.

Перевод: Усманова О., Юлдашева Г.

Верстка и дизайн: Беглов И., Дегтярева А.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

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

sic.icwc-aral.uz