

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



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



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

based on a decision of
the German Bundestag

ПЛАНЕТА ВОДА: риски, конфликты и инновации

Ташкент 2025

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Планета Вода: риски, конфликты и инновации

Ташкент 2025

НИЦ МКВК представляет вашему вниманию подборку статей, в том числе переводных, знакомящую с зарубежным и региональным опытом в области водной безопасности, управления водными ресурсами.

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, охраны природы, ядерной безопасности и защиты потребителей Германии (BMUV) в рамках Международной климатической инициативы (IKI)

Содержание

Глобальные вопросы	5
Как спутники помогают раскрыть истинные масштабы водного кризиса.....	5
7000 построенных человечеством плотин сдвинули земную ось почти на метр	7
Азия	9
Водные споры в Гималаях: обострение напряжённости и новые возможности Конвенции ООН о водотоках	9
Плотина на реке, нащупывая камни: стратегия Китая в развитии гидроэнергетики Меконга.....	16
Индия опасается снижения стока воды в реке Ярлунг Цангпо на 85% из-за китайской мегаплотины в Тибете	21
Вернётся ли доверие на общие реки Южной Азии?	26
Уровень Каспийского моря достиг исторического минимума.....	30
Грозит ли Каспию участь Арала: обзор Центрально-Азиатского климатического фонда	32
Америка	39
Экологические риски остаются необнаруженными из-за пробелов в мониторинге поверхностных вод.....	39
Система пополнения подземных вод округа Ориндж: масштабируемая модель обеспечения водной безопасности	41
Подводные капсулы в Калифорнии превратят Тихий океан в источник питьевой воды	48
Технологии	49
Вода из-под света: российские ученые нашли безопасный способ очистки воды.....	49
Как ИИ меняет и улучшает подходы к управлению рисками, связанными с водой	51
Финансы	56

Что необходимо для привлечения инвестиций в водохозяйственную инфраструктуру?	56
Здоровье	61
Невидимая угроза: какие вещества могут содержаться в питьевой воде	61
Микропластик привел к загрязнению воды метилртутью	63

Глобальные вопросы

Как спутники помогают раскрыть истинные масштабы водного кризиса¹

Тим Сэндл

Уже более двух десятилетий спутники фиксируют масштабный кризис, разворачивающийся у нас под ногами: континенты Земли высыхают с беспрецедентной скоростью. Эта тенденция, вызванная изменением климата, чрезмерным использованием подземных вод и экстремальной засухой, привела к образованию четырёх обширных регионов экстремального высыхания в Северном полушарии, что ставит под угрозу снабжение пресной водой миллиардов людей.

Результаты показывают, что потеря подземных вод в большей степени способствует повышению уровня моря, чем таяние ледниковых щитов. Если не будут приняты срочные меры в рамках глобальной водной политики, мы можем столкнуться с катастрофическим дефицитом пресной воды.

Высыхание континентов Земли

Одним из ключевых факторов, способствующих континентальной засухе, является учащение случаев экстремальных засух в средних широтах Северного полушария, например, в Европе. Кроме того, в Канаде и России за последнее десятилетие усилилось таяние снега, льда и вечной мерзлоты, а продолжающееся истощение подземных вод во всём мире остаётся одним из главных факторов.

Исследователи из Университета штата Аризона сообщают, что площадь засушливых земель ежегодно увеличивается примерно вдвое быстрее, чем площадь штата Калифорния. Более того, скорость, с которой засушливые регионы становятся ещё суше, опережает темпы увлажнения влажных районов, что меняет устоявшиеся гидрологические закономерности.

¹ Источник: Tim Sandle. Satellites reveal a hidden global water crisis / <https://www.digitaljournal.com/tech-science/satellites-reveal-a-hidden-global-water-crisis/article>
Опубликовано 27.07.2025

сти.

Это ставит под угрозу сельское хозяйство и продовольственную безопасность, биоразнообразие, запасы пресной воды и глобальную стабильность.

2014-2015 годы стали переломными моментами

Учёные проанализировали более двух десятилетий данных, полученных в ходе американо-германских спутниковых миссий GRACE и GRACE-Follow On (GRACE-FO), изучая изменения запасов наземной воды с 2002 г. Запасы наземной воды включают всю поверхностную и растительную воду Земли, почвенную влагу, лед, снег и подземные воды, накопленные на суше.

Результаты основаны на данных, собранных в течение 22 лет, и показывают масштабные изменения в запасах воды на континентах.

Последствия этих изменений для доступности пресной воды крайне значимы: 75% населения мира проживает в 101 стране, где запасы пресной воды сокращаются уже более двух десятилетий. По данным ООН, население Земли продолжит расти в течение следующих 50–60 лет, в то время как доступность пресной воды будет резко снижаться.

Исследователи определили тип потерь воды на суше и впервые установили, что 68% этих потерь приходится исключительно на подземные воды. Это делает их более значительным фактором повышения уровня моря, чем таяние ледяных щитов Гренландии и Антарктиды вместе взятых.

Анализ показал, что переломный момент, по-видимому, наступил в 2014–2015 гг. — в период так называемого «мега-Эль-Ниньо». С тех пор экстремальные климатические явления стали усиливаться, что привело к росту использования подземных вод. В результате темпы высыхания континентов превысили темпы таяния ледников и ледяных щитов.

Ведущий исследователь Джей Фамиглиетти отметил, что полученные результаты, вероятно, являются одним из самых тревожных сигналов о воздействии изменения климата на водные ресурсы. Он подчеркнул, что континенты продолжают высыхать, запасы пресной воды сокращаются, а уровень моря повышается всё быстрее. По его словам, если чрезмерное использование подземных вод будет продолжаться, это может подорвать продовольственную и водную безопасность миллиардов людей по всему миру. Он добавил, что настал момент для всеобщего осознания проблемы и безотлагательных действий по обеспечению глобальной водной безопасности.

Двигаясь вперед

Проведённое исследование наглядно демонстрирует, насколько важно осуществлять непрерывный мониторинг таких критически важных параметров, как запасы наземной воды.

Результаты работы опубликованы в журнале Science Advances под заголовком: «Беспрецедентное высыхание континентов, сокращение доступности пресной воды и рост вклада суши в повышение уровня моря».

7000 построенных человечеством плотин сдвинули земную ось почти на метр²

Масштабная гидротехническая деятельность человечества за последние два века привела к неожиданным планетарным последствиям. Создание многочисленных водохранилищ не просто изменило русла многих рек — оно спровоцировало смещение Северного полюса почти на метр. Накопление колоссальных водных масс в искусственных резервуарах кардинально изменило распределение вещества на планете, что отразилось как на уровне океана, так и на положении оси вращения Земли.

Этот феномен объясняется способностью земной поверхности адаптироваться к перераспределению масс, будь то исчезновение ледяных щитов или образование огромных водоемов. Механизм можно сравнить с вращающейся сферой, содержащей внутри пластичную субстанцию. При смещении этой субстанции изменяется ориентация оси вращения — более тяжелые участки стремятся занять положение ближе к экватору. В геофизике этот процесс называют истинным полярным блужданием.

Хотя ученые давно предполагали возможность такого влияния, им только недавно удалось получить точные доказательства. Специалисты Гарвардского университета провели масштабный анализ 7000 крупнейших плотин, возведенных с 1835 по 2011 год.

² Источник: <https://www.techcult.ru/science/15452-plotiny-vyzvali-smeshenie-zemnoj-osi> Опубликовано 3.08.2025

Результаты оказались впечатляющими: создание огромных водохранилищ привело к падению уровня океана на 21 миллиметр, что эквивалентно удвоенному объему Гранд-Каньона. Смещение полюсов происходило поэтапно: сначала (1835–1954 гг.) на 20,5 см в направлении Евразии из-за строительства плотин в Северной Америке и Европе, затем (после 1954 г.) еще на 57 см в направлении Тихого океана вследствие активного гидростроительства в Азии. Общий сдвиг составил 113 см, причем основная часть пришлась на прошлое столетие.

Азия

Водные споры в Гималаях: обострение напряжённости и новые возможности Конвенции ООН о водотоках³

Боуэн Чанг

Во всём мире страны, разделяющие трансграничные реки, сталкиваются с постоянными геополитическими рисками, связанными с распределением водных ресурсов и размещением вооружений. Однако нигде эти риски не ощущаются так остро, как в предгорьях Гималаев. Два недавних и резонансных события подчёркивают это: предложение Китая о строительстве плотины на реке Ярлунг-Цангпо, которое на прошлой неделе сделало ещё один шаг вперёд, и приостановка Индией действия Договора по реке Инд.

Хотя внимание общественности и СМИ сосредоточено на военном использовании водных ресурсов, гонке вооружений в строительстве гидрообъектов и экологических последствиях, подобный подход упускает из виду важный правовой контекст этих конфликтов. Комментаторы в целом игнорируют долгую историю международного правотворчества, направленного на обеспечение предсказуемости и безопасности в управлении трансграничными водными ресурсами. Недавние конфликты в Гималаях должны не подрывать, а наоборот — стимулировать укрепление существующего международного правового режима.

Центральным элементом международного права, регулирующего использование трансграничных рек, является Конвенция о праве несудоходных видов использования международных водотоков 1997 г. (так называемая Конвенция ООН о водотоках). В её основе лежат два ключевых принципа: **справедливое и разумное использование** (статья 5) и **обязанность не причинять значительного вреда** (статья 7). Как будет показано ниже, оба эти принципа, по всей вероятности, отражают нормы современного международного обычного права.

Более того, с 2023 г. Конвенцию ратифицировали ещё три государства — Гамбия, Зимбабве и Казахстан, что свидетельствует о растущем

³ Источник: Bowen Chang. Himalayan Water Disputes Awaken the Tensions and Promises of the UN Watercourses Convention / <https://www.justsecurity.org/117712/himalayan-water-disputes-un-watercourses-convention/> Опубликовано 28.07.2025

интересе к международному регулированию водных ресурсов. Даже не подписав Конвенцию, такие страны, как Соединённые Штаты и их партнёры, должны рассматривать текущую ситуацию как возможность для укрепления глобального режима управления трансграничными реками, прояснения основополагающих норм международного права и содействия формированию более стабильного и безопасного будущего в области водных ресурсов.

Гималайские споры и недостатки действующей правовой архитектуры

Совместное использование трансграничных рек регулируется двумя основными категориями международного права: договорами о речных бассейнах и общими принципами международного права. Последние кодифицированы в Конвенции ООН о водотоках.

Первая категория — это более 400 соглашений о речных бассейнах, подписанных с 1820 г. Они составляют основу современной международной правовой архитектуры в этой сфере. Как правило, это практические, прикладные договорённости, заключённые государствами, расположенными в пределах соответствующих речных бассейнов или обладающими законной юрисдикцией над ними. Такие соглашения учитывают местные экономические, культурные и географические особенности. Многие из них оказались устойчивыми и эффективно функционируют на протяжении десятилетий. Однако избыточная зависимость от фрагментарных двусторонних и многосторонних договоров создаёт правовой вакуум для одних стран и оставляет другие в состоянии неопределённости. Недавний кризис в Гималаях наглядно демонстрирует уязвимость подобной системы.

Существующие договоры о речных бассейнах охватывают далеко не все трансграничные реки — в том числе не все крупнейшие. Так, в настоящее время не существует соглашения, регулирующего использование реки Ярлунг Цангпо, которая берёт начало в Тибете и течёт через Индию и Бангладеш, где она известна как Брахмапутра-Джамуна. В декабре 2024 г. Китай объявил о планах строительства крупнейшей в мире гидроэлектростанции на Ярлунг Цангпо, и в начале августа уже приступил к реализации проекта. Индия резко отреагировала на это заявление, выразив обеспокоенность с точки зрения экологической безопасности и региональной стабильности. Пресс-секретарь Министерства иностранных дел Индии Рандхир Джайсвал предупредил Китай о недопустимости использования плотины в качестве инструмента давления — например, путём перекрытия потока воды или создания искусственного наводнения в случае конфликта. Тем не менее, реакция Индии осталась преимущественно на уровне рито-

рики и дипломатических заявлений. Однако Индия не располагает договором по речному бассейну, который бы юридически ограничивал действия Китая в отношении реки Ярлунг-Цангпо или запрещал бы строительство плотин на её территории.

Важно отметить, что стороны, особенно государства, расположенные в верховьях трансграничных рек, нередко сталкиваются с минимальными правовыми или политическими препятствиями при одностороннем и произвольном выходе из существующих договоров о речных бассейнах. Так, после террористического акта, произошедшего 22 апреля 2025 г. вблизи Пахалгама, Индия в одностороннем порядке приостановила действие Индо-пакистанского договора о водах реки Инд — задолго до того, как ответственность за нападение была официально установлена и приписана Пакистану. На бумаге Нью-Дели заявило, что положения договора не содержат прямого запрета на его «приостановку» или «отсрочку исполнения». Однако на практике Индия немедленно объявила о сокращении поставок воды из реки Инд в Пакистан и фактически перекрыла несколько плотин с целью ограничить сток. Эти действия были предприняты несмотря на то, что около 80% сельскохозяйственного производства Пакистана зависит от вод реки Инд. Подобная эскалация быстро привела к кратковременному военному столкновению между двумя странами. Хотя активные боевые действия вскоре прекратились, коренной конфликт остаётся нерешённым. Расторжение Договора о водах Инда лишь усугубило региональную нестабильность и наглядно продемонстрировало хрупкость существующей международной правовой архитектуры в сфере водных ресурсов.

Несмотря на существующие недостатки, международное сообщество должно стремиться не к замене договоров по управлению речными бассейнами, а к их поддержке и укреплению с помощью надёжных резервных механизмов в форме универсальных международно-правовых инструментов — иными словами, к формированию чётких, справедливых и надёжных диспозитивных норм. Эти нормы должны обладать достаточной юридической силой, чтобы регулировать отношения и разрешать споры в отсутствие действующего договора или в случае его неисполнения.

Появление Конвенции ООН о водотоках

Конвенция ООН о водотоках кодифицирует многие такие диспозитивные нормы, сформировавшиеся в результате десятилетий правового развития и международных переговоров. Уже с 1950-х гг. разработчики международного права начали поиск общих принципов, способных регулировать использование трансграничных рек. В 1957 г. между Францией и Испанией состоялся арбитраж по вопросу отвода воды из озера Лану, вхо-

дящего в трансграничную водную систему Пиренеев. В своём решении арбитражная комиссия признала, что на тот момент международное обычное право ещё не содержало универсального принципа, регулирующего распределение трансграничных водных ресурсов. Приходя к этому выводу, комиссия критически изучила различные традиционные источники права, включая историческую систему *compascuités*, действовавшую в Пиренеях. Эта система, регулировавшая общинные права на водопользование, олицетворяла, по словам комиссии, «дух сотрудничества и взаимопонимания».

Десять лет спустя после дела по озеру Лану начались более скоординированные усилия по кодификации этого духа сотрудничества в виде международного правового документа. В 1967 г. Ассоциация международного права приняла Хельсинкские правила использования вод международных рек (Хельсинкские правила). Статья IV этого документа признаёт за всеми государствами бассейна право на «разумную и справедливую долю в полезном использовании вод».

Хотя ООН официально не утвердила Хельсинкские правила, спустя тридцать лет она включила многие их ключевые идеи в Конвенцию о водах. Так, статья 5 Конвенции напрямую заимствует принцип «справедливого использования» из статьи IV Хельсинкских правил, закрепляя его в качестве основополагающего обязательства. Одновременно Конвенция возводит одну из более осторожных идей Хельсинки — принцип «непричинения значительного вреда» — в ранг самостоятельной и фундаментальной нормы: если в Хельсинкских правилах он служил скорее уравнивающим элементом, то в Конвенции становится центральным положением.

В отличие от Хельсинкских правил, Конвенция обладает обязательной юридической силой. После того как в течение 17 лет она оставалась неактивной, 17 августа 2014 г. Конвенция наконец вступила в силу — после того как Вьетнам стал 35-м государством, ратифицировавшим документ, достигнув тем самым необходимого порога для его активации. С тех пор ещё пять государств присоединились к Конвенции, доведя общее число участников до 40. Как отмечалось выше, трое из них ратифицировали её после 2023 г. в рамках недавней волны присоединений.

Несмотря на эти обнадеживающие события, суды и исследователи продолжают спорить о сильных сторонах, перспективах и сфере действия Конвенции, особенно в контексте её соответствия нормам обычного международного права, которое охватывает лишь «общую и последовательную практику государств, основанную на чувстве правовой обязательности» (*opinio juris*). Стивен Маккаффри — специальный докладчик Комиссии международного права ООН, участвовавший в подготовке Конвенции, — утверждает, что три положения Конвенции наиболее точно отражают такую обычную практику: принцип справедливого использования, принцип

непричинения значительного вреда, а также обязанность уведомлять другие прибрежные государства о планируемых мерах (статья 12).

Мнимые противоречия: «Справедливое использование» и «Непричиняй вреда»

Сосуществование принципов «справедливого использования» и «непричинения вреда» на равных основаниях в Конвенции стало источником напряжённости в научных и правовых дискуссиях. Многие исследователи утверждают, что эти нормы по своей сути противоречат друг другу: в то время как принцип «справедливого использования» выражает более гибкий, допускающий подход к использованию трансграничных вод, принцип «непричинения вреда» сдерживает такую эксплуатацию. Первый гарантирует каждому прибрежному государству право использовать речной поток в целях развития, тогда как второй может повлечь юридическую ответственность за такие действия, если они наносят ущерб другим государствам бассейна.

Это противоречие указывает на то, что нормы обычного международного права в отношении трансграничных рек всё ещё находятся в стадии формирования и не имеют устоявшегося толкования. Вместе с тем, оно предоставляет ценные ориентиры для того, как международные суды могут согласовывать и интегрировать различные принципы, закреплённые в Конвенции.

Решение Международного суда ООН (МС ООН) 2022 г. по делу «Чили против Боливии» стало одним из самых недавних и значимых анализов сферы применения Конвенции о водотоках и её положений. Спор возник на основе жалобы Чили на действия Боливии по эксплуатации верховьев реки Силала. Хотя ни одна из сторон не является участником Конвенции, Чили оспорила использование Боливией воды в верхнем течении реки, а также прилегающих водно-болотных угодий, ссылаясь на принципы «справедливого использования» и «непричинения вреда», рассматривая их в качестве общепринятых норм обычного международного права.

В ходе разбирательства позиции сторон постепенно сблизились. По вопросу «справедливого использования» обе страны пришли к согласию, что право на справедливую эксплуатацию реки должно учитывать историческую практику и не предполагает компенсации за прошлое использование. В отношении принципа «непричинения вреда» стороны согласились, что он применяется только к случаям «значительного ущерба» и не регулирует все аспекты использования трансграничных рек. Хотя Международный суд в целом признал применимость статей 5 и 7 Конвенции в каче-

стве норм обычного международного права, он отказался конкретизировать допустимые формы будущего использования или каким-либо образом ограничивать дальнейшее развитие водных ресурсов.

Свободное и примирительное толкование Конвенции Международным судом ООН смягчает присущие этому документу внутренние противоречия и переориентирует его содержание. Сегодня Конвенция, вероятно, оказалась бы недостаточно эффективной при рассмотрении незначительных нарушений. В то же время она надёжно закрепила в качестве опоры против самых вопиющих односторонних посягательств на водные права на международной арене. Именно этого и требует международное сообщество в нынешний момент.

Оба гималайских кризиса представляют собой грубое нарушение духа Конвенции. Китай не может ссылаться ни на принцип справедливого использования, ни на историческую практику для обоснования своего решения о строительстве плотин на малонаселённых верховьях реки Ярлунг-Цангпо, воды которой питают густонаселённые районы ниже по течению. Одностороннее приостановление Индией действия Договора по водам Инда, поставившее под угрозу до 80 % сельского хозяйства Пакистана, также стало недвусмысленным нарушением основополагающего принципа «не причиняй вреда». Несмотря на то, что ни Китай, ни Индия не являются участниками Конвенции, с точки зрения подхода Международного суда ООН, она всё же предоставляет необходимую правовую основу для противодействия подобным односторонним действиям. Таким образом, Конвенцию следует рассматривать как выражение минимальных (базовых) ожиданий относительно того, каким образом государства должны управлять трансграничными водными ресурсами.

Реализация потенциала Конвенции ООН о водотоках

Государства могли бы наиболее эффективно способствовать обеспечению водной безопасности и снижению геополитических рисков, рассматривая Конвенцию ООН о водотоках как выражение базовых ожиданий, обязательных для всех стран, вне зависимости от их формального участия в соглашении. Такой подход позволил бы как государствам-участникам, так и неприсоединившимся странам ссылаться на её основные принципы при столкновении с серьёзными кризисами в речных бассейнах, например, в предгорьях Гималаев.

США, в частности, следует принять это примирительное толкование двух основополагающих принципов Конвенции — даже если её ратификация в ближайшее время не планируется. Признавая, что принципы «спра-

ведливого использования» и «непричинения вреда» применимы как к участникам, так и к не участникам Конвенции, США могли бы придать этим положениям более центральное значение в своей международной риторике и дипломатических инициативах. Несмотря на общее стремление нынешней администрации сократить международные обязательства, она могла бы признать актуальность этих принципов для достижения конкретных, узких и практических внешнеполитических целей.

Признание этих принципов значительно усилило бы позиции американской дипломатии. Президент Дональд Трамп ранее приписывал себе заслугу в посредничестве при заключении перемирия между Индией и Пакистаном. Закрепление этого мира через привязку к положениям Конвенции придало бы данной дипломатической победе США дополнительную прочность и легитимность. Это могло бы побудить Индию и Пакистан либо восстановить действие Договора по реке Инд, либо — по инициативе США — выработать новое, устойчивое соглашение.

Поддержка двух ключевых принципов Конвенции также способствовала бы расширению американских альянсов в одном из самых напряжённых регионов мира. Сегодня США и Китай соперничают за влияние в Юго-Восточной Азии. Региональные страны как никогда испытывают давление выбирать между двумя великими державами — в вопросах торговли, безопасности и развития. Продвижение основных принципов Конвенции, включая их применение там, где это уместно, помогло бы США выстроить более согласованную позицию с ключевыми странами региона, расположенными ниже по течению от Китая — такими как Вьетнам, Индия, Бангладеш и Таиланд — по одному из важнейших для них вопросов. Укрепление признания принципов «справедливого использования» и «непричинения значительного вреда» как универсально применимых норм международного права ослабило бы способность Китая односторонне использовать крупнейшие реки, берущие начало на Тибетском нагорье (в числе которых Меконг, Салуин и Брахмапутра), как инструмент геополитического давления. Это вынудило бы Китай вести переговоры на равных, а не навязывать свою волю соседним государствам.

Наконец, принятие концепции Международного суда ООН относительно принципов Конвенции — включая её применение в разрешении споров между странами, не подписавшими соглашение (как, например, в деле «Чили против Боливии») — могло бы служить отправной точкой для защиты интересов США от будущей нестабильности. В настоящее время США сталкиваются с пересмотром некоторых из своих важнейших водных договоров, включая соглашения по рекам Колумбия и Колорадо. В случае с Договором по реке Колумбия многие американцы обеспокоены тем, что Канада, контролирующая верховья реки, может выйти из соглашения на фоне недавней напряжённости. Другие опасаются, что их долгосрочные

водные права могут стать разменной монетой в более широких переговорах. Нынешняя администрация могла бы снять эти опасения, приняв принципы Конвенции в качестве базовых правовых ориентиров. Это позволило бы убедительно заверить американские сообщества, проживающие в бассейнах этих рек, что их ключевые водные права будут защищены вне зависимости от итогов текущих переговоров. По крайней мере, официальное признание этих основополагающих принципов сократит степень неопределённости в и без того непростых торгово-дипломатических отношениях между США и их соседями.

В США и других странах, где старые соглашения по управлению речными бассейнами утратили актуальность, а новые ещё не заключены, Конвенция ООН о водотоках представляет собой наилучшую основу для обеспечения устойчивого будущего водных ресурсов для всех, кто зависит от хрупких, но жизненно важных трансграничных рек мира.

Плотина на реке, нащупывая камни: стратегия Китая в развитии гидроэнергетики Меконга⁴

Джессика Ляо и Карла Фриман

На протяжении десятилетий Китай играл ведущую роль в развитии гидроэнергетики в субрегионе Меконга, финансируя и реализуя масштабные проекты по строительству плотин, которые кардинально изменили как экономический, так и экологический ландшафт Юго-Восточной Азии. Многие аналитики воспринимают это расширение как часть тщательно продуманной стратегии Пекина по укреплению своего экономического и геополитического влияния. Однако подобная интерпретация упрощает картину, затмевая более сложную реальность. Строительство плотин Китаем на Меконге развивалось скорее методом проб и ошибок, а изменения в политике часто были реактивными — продиктованными внешними потрясениями, местным сопротивлением и обострением геополитической конкуренции в регионе.

⁴ Источник: Jessica C. Liao & Carla Freeman. Damming the River by Feeling the Stones: China's Mekong Hydropower Strategy / <https://www.newsecuritybeat.org/2025/07/damming-the-river-by-feeling-the-stones-chinas-mekong-hydropower-strategy/> Опубликовано 17.07.2025

Наше недавнее исследование под названием «Запрудим реку, чувствуя камни» ставит под сомнение устоявшееся мнение о том, что китайская экспансия в гидроэнергетике на Меконге осуществляется по чётко выверенному стратегическому плану. Вместо этого мы приходим к выводу, что Пекин адаптирует свою политику в области зарубежных гидроэнергетических проектов в режиме реального времени — отвечая на вызовы и меняющуюся обстановку по мере их возникновения.

Подход «обучение на практике»

Вопреки широко распространённому мнению о том, что внешнеэкономическая политика Китая представляет собой чётко продуманную стратегию, его участие в развитии гидроэнергетики в субрегионе Меконга во многом основывается на принципе «обучения на практике». Этот подход отражает более широкий стиль китайского государственного управления — гибкий, адаптивный и ориентированный на реакцию, а не на строгое следование заранее разработанным планам.

В начале 2000-х годов китайские государственные предприятия (ГП) активно поощрялись к зарубежной экспансии при минимальном надзоре. Они действовали по модели, ориентированной на стимулирование и скорость, где приоритет отдавался быстрому приобретению проектов, а не всесторонней оценке и управлению рисками. Основная логика была проста: получение крупных контрактов на строительство плотин на реках нижнего течения Меконга — особенно в экономически менее развитых странах, таких как Камбоджа, Лаос и Мьянма — должно было способствовать укреплению экономических связей Китая и расширению его влияния в регионе.

Однако по мере реализации этих проектов стало очевидно, что такой либеральный подход сопряжён с серьёзными рисками.

Пробуждающий сигнал: приостановка проекта плотины Мьитсоне

Одним из самых значимых поворотных моментов для Китая стала приостановка строительства масштабной плотины Мьитсоне в Мьянме в 2011 г. Проект вызвал волну протестов как на местном, так и на национальном уровнях — причиной стали обеспокоенность экологическими и социальными последствиями, нарушение естественного стока верховьев реки Иравади (священной для многих народов Мьянмы), а также тот факт,

что большая часть вырабатываемой электроэнергии планировалась к экспорту в китайскую провинцию Юньнань. Поддержка этого проекта со стороны Китая усилила общественное недовольство его растущим влиянием в Мьянме. Внезапная приостановка строительства стала неожиданностью для китайских политиков и государственных предприятий, продемонстрировав серьёзные слабости политики невмешательства Пекина и поставив под сомнение эффективность стратегии «дипломатии плотин». Этот кризис также вызвал волну переоценки роли китайских государственных предприятий в реализации зарубежных инфраструктурных проектов.

На протяжении многих лет Пекин полагался на государственные компании в управлении своими проектами за рубежом, считая, что финансовая поддержка обеспечит автоматическое принятие этих инициатив принимающими странами. Однако ситуация с Мьитсоне разрушила эту иллюзию. Оказалось, что внутренние политические реалии, общественное недовольство и изменения в приоритетах руководства принимающих стран способны не только замедлить, но и полностью остановить даже крупные и уже начатые проекты.

Для Китая Мьитсоне стал не просто неудачным бизнес-проектом — это был серьёзный дипломатический удар. Он заставил Пекин пересмотреть ключевой вопрос: как реализовывать свои амбиции по развитию гидроэнергетики за рубежом, минимизируя при этом дипломатические, финансовые и репутационные риски?

От невмешательства к практическому участию

В ответ на провал проекта плотины Мьитсоне руководство Китая скорректировало свою внешнеэкономическую политику, усилив контроль над деятельностью государственных предприятий за рубежом. Были введены новые правила, акцентирующие внимание на оценке рисков, корпоративной социальной ответственности и необходимости комплексной предварительной проверки проектов.

Тем не менее, несмотря на стремление ужесточить надзор, Пекин не был готов к радикальной трансформации стимулов, побуждающих государственные компании участвовать в международных проектах. Развитие гидроэнергетики по-прежнему рассматривалось как ключевой элемент внешнеэкономической стратегии Китая, а от компаний всё так же ожидалось активное заключение контрактов и расширение регионального присутствия. Главный урок, который Пекин извлёк из кризиса вокруг Мьитсоне, заключался не в необходимости отказаться от подобных инициатив, а

в том, чтобы подходить к ним с большей осторожностью и осознанностью — не снижая при этом темпа реализации амбициозных планов.

Геополитическая конкуренция и секьюритизация гидроэнергетики

Пока Китай адаптировал свою внешнеэкономическую политику, внешнее давление на его позиции в субрегионе Меконга также усиливалось. В середине 2010-х годов США и Япония активизировали своё участие в регионе, увеличив инвестиции в управление водными ресурсами и инфраструктурные проекты. Эти шаги были направлены на уравнивание растущего влияния Китая.

В Пекине подобную активность восприняли как часть более широкой стратегии сдерживания роста Китая в Юго-Восточной Азии. Это восприятие стало стимулом для дальнейшего ужесточения контроля над деятельностью китайских государственных предприятий за рубежом и активной интеграции вопросов национальной безопасности в политику развития гидроэнергетики. Кроме того, китайские органы безопасности получили полномочия участвовать в надзоре за реализацией гидроэнергетических проектов. Пекин также стал активно призывать правительства принимающих стран усиливать меры по обеспечению безопасности таких объектов и стремился к расширению двустороннего и субрегионального сотрудничества в этой сфере.

С 2016 г., несмотря на сокращение числа новых китайских контрактов на строительство гидроэлектростанций в субрегионе Меконга, доля успешно реализованных проектов значительно возросла по сравнению с периодом до введения политики секьюритизации. Наши данные свидетельствуют, что в 2000–2011 гг. китайские государственные предприятия завершили лишь около 36% своих контрактов на строительство ГЭС в Камбодже, Лаосе и Мьянме. После 2011 г. этот показатель вырос примерно до 43%, а с 2016 г. — почти до 70%. Эта динамика указывает на эффективность нового подхода, более чувствительного к рискам: акцент теперь делается не на количестве заключённых контрактов, а на завершении проектов. Отбор стал более избирательным, с приоритетом в пользу тех инициатив, которые реально достижимы.

Запуск инициативы сотрудничества Ланьцанцзян–Меконг (ЛММ) в 2015 г. стал символическим шагом в сторону переосмысления инвестиционной стратегии Китая в регионе. Пекин стал позиционировать свою деятельность как вклад в создание регионального общественного блага, стараясь нейтрализовать западную критику и представить свои гидроэнергети-

ческие проекты как часть устойчивого и взаимовыгодного развития. Цель Китая при этом остаётся неизменной: укрепить своё влияние в Меконге, одновременно сдерживая нарастающее геополитическое противодействие.

Дорога вперёд: неопределённость и необходимость адаптации

Несмотря на принятые корректировки в политике, будущее гидроэнергетических амбиций Китая в субрегионе Меконга остаётся неопределённым. Сопротивление со стороны местных сообществ усиливается: экологические риски, угроза биоразнообразию и перемещение населения вызывают растущую обеспокоенность и протесты против масштабных проектов строительства плотин. Одновременно с этим глобальные изменения — в торговой политике, энергетических рынках и развитии альтернативных источников возобновляемой энергии — подталкивают не только Китай, но и международных инвесторов к пересмотру экономической целесообразности мегапроектов. Всё чаще подвергаются сомнению не только их прибыльность, но и экологическая и социальная устойчивость. Дополнительный фактор нестабильности — изменяющаяся внутренняя экономическая ситуация в самом Китае. Замедление экономического роста, нарастающее долговое бремя государственных предприятий и общее финансовое давление могут ограничить возможности Пекина для активного продолжения экспансии в сфере гидроэнергетики за рубежом.

В этих условиях сохранение влияния в субрегионе требует от Китая не просто реакций на возникающие вызовы, а выработки более адаптивной, стратегически дальновидной политики. Такая политика должна учитывать растущую значимость местного участия, устойчивости окружающей среды и новые реалии региональной геополитики.

Что это означает для будущего государственного управления экономикой Китая

Кризис вокруг проекта плотины Мьитсоне стал поворотным моментом, который спровоцировал существенные изменения в политике Пекина. Он показал, что Китай по-прежнему сохраняет амбиции укреплять своё влияние в регионе и готов адаптировать подход к зарубежной инфраструктуре ради их реализации.

По мере обострения конкуренции между США и Китаем и усложнения глобальной геополитики в сфере инфраструктурных инвестиций, понимание механизмов адаптации китайской политики становится критиче-

ски важным — как для политиков и аналитиков, так и для инвесторов и учёных. История участия Китая в гидроэнергетическом развитии Меконга ещё далека от завершения. Вопрос теперь заключается не в том, будет ли Пекин менять свою стратегию — это уже происходит. Главный вопрос — как именно будет происходить эта трансформация и к чему она приведёт.

Индия опасается снижения стока воды в реке Ярлунг Цангпо на 85% из-за китайской мегаплотины в Тибете⁵

Индия опасается, что запланированная китайская мегаплотина в Тибете сократит сток воды в крупной реке на 85% в сухой сезон. Это побудило Дели ускорить реализацию планов по строительству собственной плотины для смягчения последствий, сообщает Reuters со ссылкой на четыре источника.

С начала 2000-х годов индийское правительство рассматривает проекты по контролю за стоком воды с тибетского ледника Ангси, который обеспечивает водой более 100 миллионов человек, проживающих ниже по течению в Китае, Индии и Бангладеш. Однако этим планам препятствует ожесточённое, а порой и насильственное, сопротивление жителей приграничного штата Аруначал-Прадеш, которые опасаются, что их деревни будут затоплены, а привычный уклад жизни будет разрушен в результате строительства плотины.

Затем, в декабре, Китай объявил о строительстве крупнейшей в мире гидроэлектростанции в приграничном уезде, непосредственно перед впадением реки Ярлунг Цангпо в Индию. Это вызвало опасения в Нью-Дели, что его давний стратегический соперник, имеющий территориальные претензии в Аруначал-Прадеше, может использовать свой контроль над рекой, берущей начало в леднике Ангси и известной в Индии как Сианг и Брахмапутра, в качестве оружия.

В мае крупнейшая гидроэнергетическая компания Индии под охраной вооружённой полиции перевезла материалы изысканий к предполага-

⁵ Источник: <https://centralasia.media/news:2317268> Опубликовано 25.08.2025, перевод статьи Reuters «China's new mega dam triggers fears of water war in India»

емому месту строительства многоцелевой плотины Верхний Сианг, которая, если будет завершена, станет крупнейшей плотиной в стране. Высокопоставленные индийские чиновники также проводили совещания об ускорении строительства в этом году, в том числе совещание, организованное в июле администрацией премьер-министра Нарендры Моды, сообщили два источника, пожелавших остаться анонимными для обсуждения важных государственных вопросов.

Опасения Дели были изложены в недатированном анализе индийского правительства воздействия китайской плотины, подробности которого Reuters подтвердило четырьмя источниками и публикует впервые.

Пекин не обнародовал подробных планов строительства плотины, но анализ основывался на предыдущей работе, проведенной индийскими государственными учреждениями, такими как Центральная водная комиссия, и учитывал ожидаемый масштаб китайского проекта, который был запущен в июле и будет стоить почти 170 миллиардов долларов.

По оценкам Дели, плотина позволит Пекину перенаправлять до 40 миллиардов кубометров воды, что составляет чуть более трети от объёма, ежегодно поступающего через ключевой пограничный пункт, согласно источникам и документу. Последствия будут особенно ощутимы в межмуссонные месяцы, когда температура повышается, а земли на большей части территории Индии становятся бесплодными.

Проект Верхнего Сианга смягчит эту проблему благодаря проектируемому объёму водохранилища в 14 млрд кубометров, что позволит Индии сбрасывать воду в сухой сезон. Это может означать, что крупный региональный город Гувахати, зависящий от водоёмкой промышленности и сельского хозяйства, столкнётся с сокращением водоснабжения на 11%, согласно источникам и документу, по сравнению с 25%, если бы индийская плотина не была построена.

По словам источников, проект также может смягчить любые действия Пекина по сбросу разрушительных потоков воды ниже по течению.

Согласно документу и источникам, если плотина будет находиться на минимальном уровне спуска воды, то есть на уровне менее 50% от её высоты, она сможет полностью поглотить избыток воды, выброшенный через прорыв в китайской инфраструктуре. Индия рассматривает предложение о том, чтобы 30% плотины оставалось пустыми в любое время, чтобы компенсировать непредвиденные скачки уровня воды, сообщили два источника.

Представитель МИД Китая в ответ на вопросы Reuters заявил, что гидроэнергетические проекты «прошли тщательные научные исследования по безопасности и защите окружающей среды и не окажут негативного

воздействия на водные ресурсы, экологию или геологию стран, расположенных ниже по течению».

«Китай всегда ответственно относился к освоению и использованию трансграничных рек и поддерживал долгосрочные связи и сотрудничество со странами, расположенными ниже по течению, такими как Индия и Бангладеш», — добавил представитель.

Администрация Моди и индийские министерства, отвечающие за водные ресурсы и иностранные дела, не ответили на вопросы Reuters. Государственная гидроэнергетическая компания NHPC также не ответила на запрос о комментарии.

China's new mega dam pushes India to respond with its own

India aims to construct a dam in its northeast to mitigate the potential impacts of a massive dam being built across the border in China.



Sources: Natural Earth; UN Boundaries

Jitesh Chowdhury • August 21, 2025 | REUTERS

Министерство иностранных дел Индии заявило, что высокопоставленный дипломат С. Джайшанкар выразил обеспокоенность по поводу плотины во время встречи со своим китайским коллегой 18 августа. Заместитель Джайшанкара также сообщил законодателям в августе, что правительство принимает меры по защите жизни и благосостояния граждан в районах ниже по течению, включая строительство плотин.

Пакистан, союзник Китая, с которым Индия в мае ненадолго столкнулась, обвинил Индию в использовании воды в качестве оружия. В этом году Дели приостановил своё участие в соглашении о водodelении с Исламабадом, заключённом в 1960 году, и рассматривает возможность переброски стока другой важной реки в сторону от соседа, расположенного ниже по течению.

Международный трибунал постановил, что Индия должна придерживаться соглашения, однако Дели заявляет, что у комиссии нет юрисдикции.

Развитие или разрушение?

Когда в мае рабочие ННРС перемещали геодезические материалы недалеко от деревни Паронг, разгневанные местные жители повредили их технику, разрушили близлежащий мост и разграбили палатки полицейских, присланных для охраны участка.

Многие из них являются членами общины Ади в Аруначале, которые живут за счет ферм по выращиванию риса, апельсинов и лаймов на окутанных туманом холмах и в долинах, питаемых рекой Сианг.

Жители деревни установили импровизированные посты наблюдения на дорогах местного значения, чтобы не допустить сотрудников ННРС. Это вынуждает сотрудников службы безопасности преодолевать мили, часто под покровом ночи, чтобы добраться до предполагаемого места строительства плотины.

По данным двух источников, по меньшей мере 16 деревень Ади, вероятно, окажутся под водохранилищем плотины, что напрямую затронет около 10 000 человек. Лидеры общин утверждают, что в целом пострадают более 100 000 человек.

«Кардамон, рис, джекфрут и груши, которые мы выращиваем на этой земле, помогают нашим детям получать образование и содержать нашу семью», — сказала Одони Пало Пабин, бакалейщица из Ади и мать двоих детей. «Мы будем бороться с плотиной до последнего».

Проект плотины пользуется поддержкой главного министра Аруначала, который является членом партии Моди и назвал китайский проект экзистенциальной угрозой.

Проект «обеспечит безопасность водоснабжения и обеспечит сдерживание наводнений для противодействия любым потенциальным скачкам воды», — говорится в заявлении правительства штата. Оно добавило, что в июне оно приняло решение провести подробные обсуждения компенсаций с семьями, которые могут пострадать от плотины.

Депутат Ало Либанг, представитель Ади, представляющий территорию, которая будет затоплена индийским проектом, заявил, что, по его мнению, местных жителей можно убедить переехать, если им предоставят щедрую компенсацию.

Три источника сообщили, ссылаясь на указания из офиса Моди, что NHPC планирует потратить более 3 миллионов долларов на образование и инфраструктуру для оказания экстренной помощи, чтобы побудить жителей деревни переехать в другие места.

По словам правительства Аруначала и десятков местных жителей, одним из признаков прогресса стало недавнее согласие трех деревень в этом районе разрешить должностным лицам NHPC провести работы, связанные со строительством плотин.

В Индии существуют активистские движения против строительства крупных плотин, из-за которых реализация этих проектов иногда замедлялась на годы или вынуждалась сокращать масштабы строительства.

Даже если плотина Верхний Сян получит одобрение, её строительство может занять десять лет после начала строительства, сообщают четыре источника. Это означает, что проект, вероятно, будет завершён после завершения китайского проекта, который, как рассчитывает Пекин, начнёт вырабатывать электроэнергию к началу-середине 2030-х годов.

По словам двух источников, задержка означает, что индийский проект может оказаться уязвимым во время строительства, если Пекин внезапно сбросит воду в сезон муссонов, что вызовет нагон воды, способный смыть временные плотины.

Международные эксперты и активисты Ади также предупреждают, что строительство крупных плотин в сейсмически активном Тибете и Аруначале может повысить риски для сообществ, расположенных ниже по течению.

«Китайская плотина строится в зоне высокой сейсмичности и в зоне, подверженной экстремальным погодным явлениям», — сказал Саянангшу Молак, эксперт по водным отношениям между Индией и Китаем из Университета Аризоны.

«Подобные экстремальные погодные явления вызывают оползни, сели и прорывы ледниковых озёр», — сказал он. «Поэтому это вызывает опасения по поводу безопасности плотин... Это вполне обоснованное беспокойство, и Индии следует взаимодействовать с Китаем».

Вернётся ли доверие на общие реки Южной Азии?⁶

Государства Южной Азии сталкиваются с серьёзными проблемами, связанными с водными ресурсами — такими, с какими не сталкивалось ни одно предыдущее поколение. Учитывая трансграничный характер крупнейших рек региона, сотрудничество между странами становится как никогда актуальным. Тем не менее, вместо того чтобы стремиться к повышению адаптивности и устойчивости трансграничных соглашений в условиях изменения климата, текущая политическая практика, по-видимому, всё чаще использует эти договоры в качестве инструмента давления. В своей статье Курат-уль-Айн Шаббир анализирует текущее состояние Договора о водах Инда и Договора о водах Ганга, подчёркивая острую необходимость перехода к переговорам, в которых приоритет будет отдан сотрудничеству, а не конфронтации.

Реки в этом регионе играют не только жизненно важную роль, но и становятся инструментом дипломатического влияния на фоне усиливающейся геополитической напряжённости в Южной Азии. Индия, в частности, временно приостановила своё участие в Договоре о водах Инда (IWT) — соглашении, заключённом при посредничестве Всемирного банка, которое ранее выдерживало испытания обострением индийско-пакистанских отношений. Одновременно появились сообщения о возможном стремлении Индии пересмотреть положения Договора о водах Ганга (GWT), подписанного с Бангладеш в 1996 г. Причиной такого пересмотра, могут стать изменяющиеся климатические условия, а также рост внутренних потребностей страны в водных ресурсах.

Эти тенденции вызвали активные дискуссии и поставили под вопрос будущее трансграничного сотрудничества в сфере водных ресурсов в Юж-

⁶ Источник: Can Trust Flow Again in South Asia's Shared Rivers? / <https://www.globalwaterforum.org/2025/08/21/can-trust-flow-again-in-south-asias-shared-rivers/>
Опубликовано 21.08.2025

ной Азии. Обсуждение сосредоточено вокруг принципов справедливости, равного распределения и эффективного управления общими ресурсами в условиях нестабильности, вызванной изменением климата и изменяющейся геополитической обстановкой.

Договор о водах Инда

Подписанный в 1960 г. Договор о водах Инда долгое время считался одним из краеугольных камней в отношениях между Индией и Пакистаном. Несмотря на три войны и многочисленные политические кризисы, соглашение оставалось в силе. Во многом это стало возможным благодаря выстроенной институциональной структуре и осознанию обеими сторонами взаимной зависимости от устойчивого доступа к водным ресурсам.

Однако в недавнее время Индия в одностороннем порядке приостановила своё участие в договоре после террористической атаки на туристов в Пахалгаме — районе, расположенном на спорной территории Джамму и Кашмира. Индийская сторона обвинила Пакистан в причастности к трансграничному терроризму и, стремясь усилить дипломатическое давление, решила приостановить действие единственного существующего соглашения о совместном использовании водных ресурсов между двумя странами. В ответ Пакистан выразил обеспокоенность и дал понять, что общий доступ к водным ресурсам имеет критическое значение для его экономики. Пакистанская сторона также предупредила, что любые попытки ограничить сток воды будут рассматриваться как угроза национальной безопасности.

Это дипломатическое противостояние вокруг совместного использования водных ресурсов привлекло пристальное внимание как международных наблюдателей, так и юридических институтов. 27 июня Постоянная палата третейского суда в Гааге постановила, что односторонние действия Индии не лишают суд юрисдикции по данному вопросу. Также было подчеркнуто, что Индия по-прежнему обязана обеспечивать своевременное, эффективное и справедливое разбирательство, вне зависимости от её решения приостановить участие в Договоре о водах Инда.

Пакистан приветствовал это решение, тогда как Индия, как и ожидалось, его отклонила. Тем не менее постановление суда ясно указывает на то, что Индия не имеет права в одностороннем порядке приостанавливать или отменять действия международного соглашения. Основной вопрос, однако, заключается в следующем: может ли жёсткая дипломатическая позиция Индии в отношении трансграничных водных ресурсов подорвать её обязательства в рамках международного права? Если действия Индии дей-

ствительно будут восприниматься как выборочное применение международно-правовых норм и договорных обязательств в политических или стратегических целях, это может негативно сказаться на её имидже надёжного партнёра и регионального лидера.

Договор о водах Ганга

Договор о распределении водных ресурсов реки Ганг, подписанный Индией и Бангладеш в 1996 г., регулирует водопользование на участке в районе плотины Фаракка. Срок действия соглашения истекает в 2026 г. Несмотря на то, что договор обеспечил определённый организационный механизм для сотрудничества, в его реализации возникли проблемы, касающиеся справедливости распределения ресурсов и исполнения обязательств.

Бангладеш неоднократно выражал обеспокоенность по поводу сокращения объёмов воды, поступающей в засушливые периоды. Это, по мнению даки, оказывает негативное влияние на сельское хозяйство и усиливает экологические риски. Представители Бангладеш утверждают, что в период с 1997 по 2016 гг. страна в ряде случаев получала объёмы воды ниже установленных договором. Индия, в свою очередь, также поднимает вопрос о необходимости пересмотра соглашения. В числе аргументов — новые гидрологические данные, рост внутреннего спроса на воду в целях ирригации и промышленности, а также стремление к более гибким и климатически устойчивым механизмам распределения ресурсов.

При любом пересмотре условий соглашения крайне важно обеспечить учёт интересов всех сторон, включая уязвимое население нижнего течения реки на территории Бангладеш. Новая договорная рамка должна уделять приоритетное внимание вопросам минимального гарантированного стока, экологической устойчивости и прозрачности в предоставлении данных.

Навигация между водными конфликтами

Проблема управления реками в Южной Азии остаётся крайне сложной. Основная ответственность за поддержание баланса между национальными потребностями, региональными обязательствами и геополитическими интересами чаще всего лежит на странах верховьев, таких как Индия.

Учитывая последние события, становится всё более очевидным, что необходимо разработать систему соглашений о совместном использовании

водных ресурсов, которая была бы не только юридически обязательной, но и экологически обоснованной и социально справедливой. Гидрологическая ситуация меняется под влиянием климатических изменений, увеличения variability речного стока и роста населения. Эти вызовы требуют инновационных и упреждающих подходов, выходящих за рамки традиционных моделей распределения ресурсов.

К примеру, Договор о водах Ганга может быть усовершенствован за счёт внедрения адаптивных стратегий управления водными ресурсами, устойчивых к изменению климата систем контроля наводнений и общих механизмов мониторинга. Без согласованного включения таких положений в договор остаются нерешённые вопросы, которые могут привести к усилению конфронтационного подхода между сторонами.

Аналогично, между Индией и Пакистаном международные организации, такие как Всемирный банк, которые сыграли ключевую роль в заключении первоначального соглашения о водных ресурсах, могут быть привлечены для посредничества и поддержки процесса реформирования. Изменение климата является общей проблемой для обеих стран, и Индия с Пакистаном могли бы сотрудничать в разработке стратегий адаптации и смягчения последствий климатических изменений, в том числе в сфере управления водными ресурсами.

Важно осознавать, что геополитические разногласия не должны становиться поводом для нарушения обязательств по совместному использованию водных ресурсов. Трансграничные реки не должны использоваться национальными правительствами в качестве политического инструмента для обострения конфликтов и создания опасного прецедента, при котором государства, расположенные в верховьях рек, применяют водные ресурсы как средство давления на страны в низовьях. Подобные действия подрывают доверие между странами, препятствуют развитию регионального сотрудничества и ставят под угрозу долгосрочную устойчивость совместных экосистем.

Общие реки — общая ответственность

Реки Южной Азии текут за пределами политических границ, пронизывая культуры, экономики и историю региона. В то время как Индия, Пакистан и Бангладеш ищут пути выхода из сложной ситуации, связанной с взаимными соглашениями о водопользовании, необходимость сотрудничества становится как никогда актуальной.

Южная Азия может обеспечить себе будущее, где общее процветание превзойдёт сиюминутные интересы, если будет приложено больше

усилий для выполнения договорных обязательств, справедливого пересмотра соглашений и инвестиций в повышение устойчивости водных систем к изменению климата на уровне всего бассейна. В мире, полном климатических потрясений и региональной неопределённости, основой водной дипломатии должна стать позиция сотрудничества, а не конфронтации.

Уровень Каспийского моря достиг исторического минимума⁷

Вагит Исмаилов

Уровень воды в Каспийском море опустился до самого низкого уровня, зафиксированного за всю историю наблюдений, и теперь составляет менее 29 метров ниже уровня моря. Северный бассейн, граничащий с Россией и Казахстаном, высыхает особенно быстро. По мере отступления воды обнажившееся морское дно угрожает ключевым морским экосистемам. Эксперты предупреждают, что это снижение уже наносит серьёзный ущерб биоразнообразию в регионе.

Снижение стока Волги и изменение климата

Тенденция к снижению уровня моря началась в 1990-х годах и ускорилась с 2020 года, за последние четыре года уровень моря снизился почти на 80 см. Основной причиной является сокращение годового стока реки Волги, которая обеспечивает около 80% притока воды в Каспий и составляет 64% от общего водного баланса озера.

В последние годы годовой сток Волги колеблется от 210 до 232 кубических километров, что значительно ниже исторического среднего значения около 250 кубических километров. В то же время, рост температуры воздуха увеличивает скорость испарения, что приводит к дальнейшему снижению уровня воды. Ученые связывают эти изменения с глобальным

⁷ Источник: Vagit Ismailov. The Caspian Sea Hits Historic Low / <https://timesca.com/the-caspian-sea-hits-historic-low/> Опубликовано 23.07.2025

изменением климата и продолжающимся ростом выбросов парниковых газов.

Экологическое и экономическое воздействие

Деятельность человека усугубляет проблему. Значительный забор воды из рек для нужд сельского хозяйства, промышленности и коммунального хозяйства сокращает объём воды, попадающей в море.

Минприроды России в настоящее время разрабатывает комплексную программу адаптации к меняющимся природным условиям. Эта инициатива направлена на повышение качества прогнозирования, смягчение последствий обмеления и корректировку хозяйственной деятельности с учетом новых гидрологических реалий.

Эксперты предполагают, что остановить продолжающееся ухудшение состояния озера может только устойчивый ежегодный приток около 270 кубических километров, сопоставимый с уровнями, зафиксированными в 1970-х и 1990-х годах.

Изменение береговых линий и общественная обеспокоенность

Недавнее видео казахского режиссёра Адая Мырзатая привлекло широкое внимание в социальных сетях. На кадрах сопоставляются изображения побережья Каспийского моря в 2013 и 2025 годах. Двенадцать лет назад пирс был окружён открытой водой и нетронутой береговой линией. Сегодня вода значительно отступила. Пирс теперь окружён кустарником, а на месте бывшей береговой линии возвышаются высотные здания. Видео набрало более 1,5 миллиона просмотров.

Падение уровня воды приводит к потере биологического разнообразия и сокращению нерестилищ таких видов, как каспийский тюлень и осетровые. Обмеление также нарушает судоходство и рыболовство, повышая риск международных споров из-за всё более скудных водных ресурсов.

Общий вызов для пяти наций

Каспийское море, крупнейший в мире замкнутый водоём, принимает воды более 130 рек, включая Волгу, Урал, Терек, Сулак и Самур. Его бере-

говая линия проходит по территории пяти стран: России, Казахстана, Туркменистана, Азербайджана и Ирана.

Хотя приток Волги в 2024 году несколько увеличился и составил 232 кубических километра, этого все еще недостаточно, чтобы обратить вспять или хотя бы стабилизировать снижение уровня моря.

Эксперты сходятся во мнении, что региональное сотрудничество и скоординированная долгосрочная стратегия управления водными ресурсами имеют решающее значение для противодействия этому экологическому кризису.

Грозит ли Каспию участь Арала: обзор Центрально-Азиатского климатического фонда⁸

Менее чем за 20 лет площадь Каспийского моря сократилась на более чем на 34 тыс. квадратных километров. Для сравнения это больше площади одного из крупнейших озер Африки – Танганьики (32 900 км²), или Бельгии (32 545 км²) и еще 138 стран мира, передает агентство Kazinform со ссылкой на данные Центрально-Азиатского климатического фонда.

Кроме того, качество воды в Каспии изменилось от чистой до умеренного уровня загрязнения, с периодической регистрацией превышения предельно допустимой концентрации вредных веществ. Эксперты Центрально-Азиатского климатического фонда подготовили обзор по проблемным вопросам Каспийского моря.

Уникальность

Каспийское море уникально тем, что это самый большой в мире водоем, который не имеет связи с мировым океаном. По сути это бессточное озеро, но его происхождение связано с древним океаном Тетис. Дно Каспия образовано земной корой океанического типа, в связи с чем он может классифицироваться как замкнутое внутриматериковое море.

⁸ Источник: <https://www.inform.kz/ru/grozit-li-kaspiyu-uchast-arala-obzor-tsentralno-aziatskogo-klimaticheskogo-fonda> Опубликовано 26.08.2025

Вода Каспийского моря солоноватая, причем уровень солености меняется в разных частях моря, увеличиваясь в южной части.



Каспий входит в число самых глубоких озер в мире, наряду с Байкалом и Танганьикой.

В Каспийском море обитает множество видов животных, включая уникального каспийского тюленя. Здесь также находятся крупнейшие в мире нерестилища рыб осетровых пород.

Обмеление

Уровень Каспийского моря, как замкнутого водоема, подвержен значительным колебаниям, обусловленным соотношением характеристик водного баланса, изменяющихся под влиянием антропогенного влияния на реки и изменения климата в прикаспийском регионе.

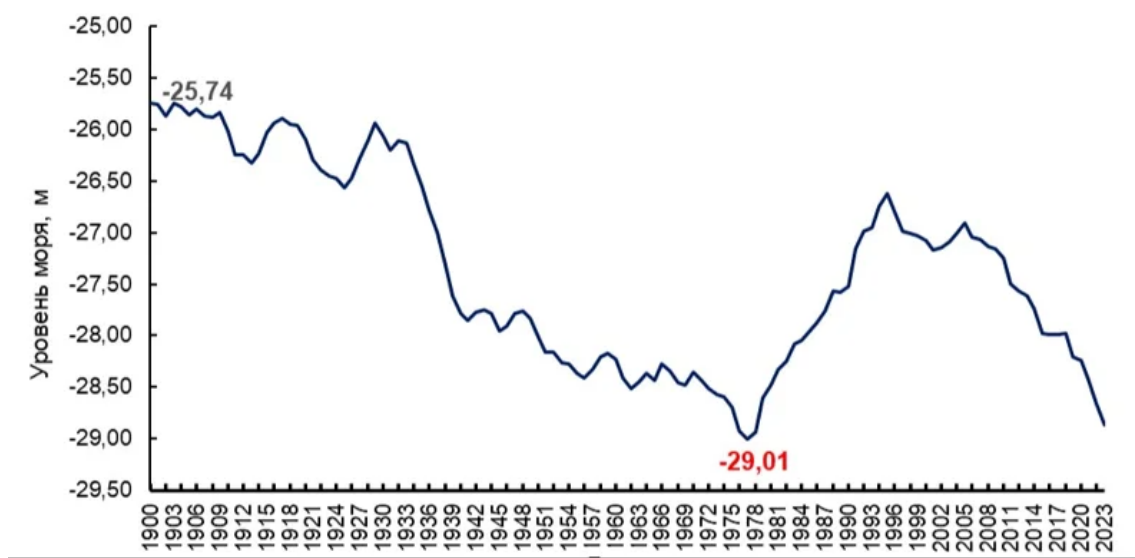
В Каспий впадает около 130 рек. К началу 1970-х годов практически все крупные реки бассейна были зарегулированы. Из общего объема стока рек 86,1% приходится на р. Волга, 5,1% — на р. Кура, 2,9% — на р. Жайык (значительно снизился), 2,4% — на р. Терек и 3,5% — на остальные реки.

В связи с обширной территорией и удаленностью от океана климат в Каспийском регионе теплеет значительно быстрее, чем по планете в целом и по территории Казахстана в частности, пишут эксперты Центрально-Азиатского климатического фонда.

По данным РГП «Казгидромет», за период 1976–2024 годов изменение среднегодовой температуры воздуха составило для земного шара $+0,19^{\circ}\text{C}$ на каждые 10 лет, для Казахстана $+0,36^{\circ}\text{C}$ на каждые 10 лет, а для Каспийского региона $+0,51^{\circ}\text{C}$ на каждые 10 лет.

За период систематических наблюдений (с 1900 г. по 2023 г.) уровень моря изменялся от минус 25,74 м БС (1900 г.) до минус 29,01 м БС (1977 г.).

БС (Балтийская система высот) — это единица измерения высот и глубин, отсчитанная от нулевого уровня Кронштадтского футштока.



За историю наблюдений Каспийского моря были несколько периодов падения и повышения уровня моря:

- в период 1940–1977 годов интенсивность снижения уровня моря была равна 4 см в год (общее падение составило 1,2 м);
- в 1978–1995 годы наблюдалось повышение уровня на 13 см в год (общее повышение составило 2,5 м);
- в 1996–2023 годы наблюдался период падения на 8 см в год (общее падение составило 1,83 м).

В настоящее время продолжается снижение уровня Каспийского моря, за период с 2006 года по 2024 год он упал на 2,14 м. За первую половину 2025 года уровень моря составил в среднем — 29,28 м БС.

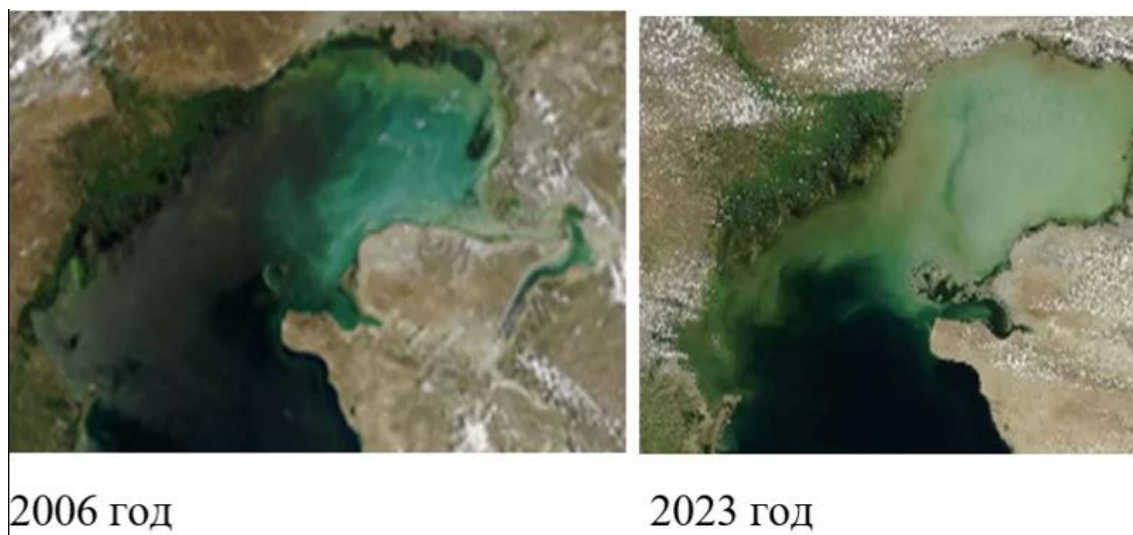
По данным Государственного океанографического института (Россия), в результате падения уровня с 2006 года площадь водной поверх-

ности моря сократилась на 34,4 тыс. км² — от 392,3 тыс. км² до 357,9 тыс. км².

Спутниковые данные NASA за 2020–2025 годы показывают, что уровень Каспия снижается со скоростью около 7 см в год. Это в 20 раз быстрее, чем поднимается уровень мирового океана. Если тенденция сохранится, то к 2050 году северная часть моря, где глубина не превышает 5 м, может практически исчезнуть, считают эксперты.

Прогнозы ученых разнятся в зависимости от сценария изменения климата. Так, к 2100 году, по оптимистичному варианту (повышение температуры на +1,5°C), уровень моря снизится на 5–9 м, по реалистичному варианту (+2–3°C) — на 10–15 м. Катастрофический, но возможный сценарий развития событий, предусматривает потепление на +4°C и более и обмеление Каспия на 18–21 м.

В случае реализации последнего сценария площадь водной поверхности сократится на 30%, а объем воды — почти наполовину.



Загрязнение

Еще одной проблемой Каспия эксперты Центрально-Азиатского климатического фонда называют загрязнение воды в связи с активной нефтедобычей.

Мониторинг за состоянием качества воды Каспийского моря на территории Казахстана проводится на 50 прибрежных точках, из них 22 в Северном Каспии и 28 — в Среднем Каспии.

По данным РГП «Казгидромет», в Каспийском море в период с 2005 по 2018 годы качество воды изменялось от «чистой» до «умеренного уровня загрязнения».

В Северном Каспии превышения предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) отмечено в 2007–2009 годы по меди, железу общему, азоту нитритному, в 2009 году зафиксировано превышение по хрому (6+) — 1,2 ПДК. В 2013 году отмечено превышение по хрому (6+) — 1,1 ПДК. В 2010–2012 годы и 2014–2018 годы превышений не обнаружено.

В Среднем Каспии в отдельных месяцах 2006–2008 годов и 2010–2012 годов превышение ПДК наблюдалось в основном по меди, марганцу, цинку, хрому (3+) — 1,1 ПДК в 2011 году и нефтепродуктам, в 2013–2014 годы зафиксировано превышение по нефтепродуктам в пределах 1,2–2,3 ПДК. В 2015–2018 годы превышений не обнаружено.

С января 2019 года для оценки состояния водоемов в Казахстане применяется Единая система классификации качества воды в водных объектах, которая предусматривает сравнение текущих фактических данных с многолетними наблюдениями. Единая классификация включает шесть классов качества воды от «наилучшего» до «наихудшего». Это позволяет учитывать требования различных видов водопользования: экосистемного, рыбного, питьевого, рекреационного, орошения, промышленности, гидроэнергетики и транспорта.

По данным РГП «Казгидромет», в 2019 году качество воды в Каспийском море оценено «выше 5 класса» — вода непригодна для всех видов водопользования. За последние годы тенденции к росту загрязнения не отмечается.

Вымирание

Каспийское море начало формироваться 5–7 млн лет назад, когда древний океан Тетис разделился на более мелкие водоемы. В результате геологической истории и изолированности от мирового океана в Каспии сформировалась уникальная экосистема с характерными видами флоры и фауны, которые могут оказаться на грани вымирания.

Численность каспийских тюленей за последние 100 лет сократилась на 90%, с примерно 1,2 млн особей в начале XX века до менее чем 100 тысяч сейчас. Этот вид, являющийся эндемиком Каспийского моря, находится под угрозой исчезновения. В отличие от большинства тюленей, каспийские размножаются исключительно на льдинах северной части моря в январе–феврале. Беременность у самок длится 11 месяцев, поэтому любые нарушения цикла сразу сказываются на численности популяции.

Исследования, проведенные в 2023–2024 годах, показывают, что площадь зимнего льда на Каспии сократилась на 40% за последние 20 лет. При падении уровня моря на 5 м площадь подходящего для размножения тюленей льда сократится на 81%.

Кроме того, тюленям нужны так называемые «залежки» — места на суше, где они собираются на отдых, линьку, размножение. По мере отступления воды традиционные залежки становятся недоступными, а новые отмели и острова часто не подходят для животных.

Также негативное влияние на популяцию оказывает загрязнение воды и уменьшение кормовой базы из-за избыточного вылова рыбы. Многие особи гибнут в рыболовных сетях.

В Каспийском море обитают шесть видов осетровых рыб: белуга, русский осетр, персидский осетр, севрюга, шип и стерлядь. Всем им также грозит угроза исчезновения. В связи со снижением уровня моря мелеют устья рек, и рыба не может добраться до нерестилищ, а также исчезают нагульные площади на мелководьях, которые первыми исчезают при обмелении. Серьезный урон популяции осетровых наносит браконьерство.

— Обмеление Каспийского моря — это актуальная проблема, вызванная сочетанием климатических изменений, сокращением речного стока и других факторов. Уровень моря снижается, что приводит к обнажению новых участков суши, изменению береговой линии и потенциальным экологическим и экономическим последствиям. Задача нашего фонда — не только акцентировать внимание на этой проблеме стран, расположенных на берегах Каспия, но и вовлечь мировое сообщество в процесс поиска путей ее решения, чтобы не допустить повторения трагедии Арала. Проблемам Каспийского моря будет посвящена специальная сессия на Региональном экологическом саммите, который пройдет в 2026 году в Астане, — подчеркнул Ерлик Каражан, руководитель Проектного офиса для Центральной Азии по изменению климата и зеленой энергетике Центрально-Азиатского климатического фонда.

Напомним, в рамках реализации поручений Главы государства по комплексному изучению проблем Каспийского моря, из резерва Правительства выделено 305 млн тенге для НАО «Казахский научно-исследовательский институт Каспийского моря».

В июле Премьер-министр Казахстана Олжас Бектенов в ходе выступления на первой Международной экологической конференции в г. Манжерок, Республика Алтай (Российская Федерация) отметил проблему обмеления Каспия как один из ключевых региональных вызовов.

Береговая линия казахстанской части Каспийского моря составляет 2320 км — это самая протяженная линия побережья среди всех прикаспийских государств.

Ранее сообщалось, глобальное потепление продолжает бить рекорды — все 10 экстремально теплых лет приходятся на текущее столетие. Терри-

тория Казахстана прогревается более значительными темпами, чем земной шар в среднем.

Америка

Экологические риски остаются необнаруженными из-за пробелов в мониторинге поверхностных вод⁹

Несколько сотен тысяч химических веществ считаются потенциально опасными для окружающей среды. Учёные из Университета Кайзер-слаутерн-Ландау (RPTU, Германия) выявили, что данные мониторинга поверхностных вод охватывают лишь ничтожную долю этих веществ. В своей статье, опубликованной в последнем номере журнала *Science*, авторы также указывают на то, что экологические риски, связанные с высокотоксичными соединениями, могут оставаться незамеченными — поскольку эти вещества влияют на экосистемы даже в концентрациях, которые стандартные методы наблюдения не способны регулярно фиксировать.

Исследователи проанализировали обширную базу данных о содержании химических веществ в поверхностных водах США и сопоставили её с токсикологическими данными для водных организмов — таких как растения, насекомые и рыбы. Это позволило им оценить, насколько полный существующий набор данных отражает химические риски, накапливавшиеся за последние шесть десятилетий.

Как подчёркивается в статье, одной из ключевых проблем современной экологической политики остаётся крайне ограниченный охват химического мониторинга. По данным авторов, за всё время наблюдений было исследовано менее 1% из примерно 300 000 химических веществ, которые Агентство по охране окружающей среды США относит к потенциально экологически значимым.

В статье раскрываются важные закономерности, основанные на сопоставлении 64 миллионов записей мониторинга 1900 химических веществ, охватывающих 300 000 объектов за период с 1958 по 2019 гг., с пороговыми значениями токсичности, указывающими на возможные риски для водных организмов. Авторы, в частности, отмечают, что в 1970-х гг. на территории США наблюдался рост числа случаев превышения пороговых

⁹ Источник: Environmental risks remain undetected due to gaps in surface water monitoring / <https://smartwatermagazine.com/news/rptu/environmental-risks-remain-undetected-due-gaps-surface-water-monitoring> Опубликовано 14.07.2025

значений для относительно ограниченного набора веществ — прежде всего тяжёлых металлов, таких как медь, свинец и цинк. Однако они подчеркивают, что последующие меры по контролю выбросов позволили существенно сократить количество таких превышений в случае неорганических веществ.

В 2000-х гг. зафиксирован новый пик превышений, но на этот раз он касался более широкого спектра — преимущественно органических химических веществ, включая фармацевтические препараты и пестициды. Со временем число таких случаев также пошло на спад. Тем не менее, поскольку систематический мониторинг этих веществ был впоследствии прекращён, авторы указывают, что невозможно достоверно оценить, сократились ли фактические экологические риски, с ними связанные. Саша Буб, ученый-эколог и один из ведущих авторов исследования, поясняет, что прекращение наблюдений за потенциально опасным химическим веществом фактически означает утрату возможности отслеживать его присутствие в окружающей среде. Без регулярных данных мониторинга становится крайне затруднительно оценивать развитие потенциальных рисков.

В статье также представлена оценка 37 миллионов записей, касающихся аналитических пределов из базы данных США. Эти значения определяют минимальные концентрации, при которых химические вещества могут быть надёжно обнаружены в окружающей среде. Анализ показал, что для большинства неорганических веществ, а также многих органических соединений, включая обычные пестициды, аналитические пределы достаточно низки, чтобы фиксировать все концентрации, потенциально опасные для водных организмов. Однако в случае некоторых пестицидов — особенно инсектицидов — ситуация иная. Их аналитические пределы часто находятся на уровне или даже выше порогов токсичности, что делает невозможным выявление воздействий в критически важном диапазоне концентраций. В результате, как подчёркивают авторы, значительная часть потенциально опасных воздействий на экосистемы может оставаться незамеченной. Особенно это касается пиретроидов — класса инсектицидов, широко применяемого в современной сельскохозяйственной практике. Эти вещества считаются одними из наиболее токсичных для водных организмов, при этом их аналитические пределы в большинстве случаев существенно превышают установленные пороги токсичности. Таким образом, реальный экологический риск, связанный с пиретроидами, может быть оценён лишь в весьма ограниченном объёме.

Авторы статьи считают, что их выводы, с большой вероятностью, применимы и к другим регионам мира. Однако они отмечают, что в большинстве стран отсутствуют достаточные данные, необходимые для проведения аналогичных масштабных анализов. Саша Буб подчёркивает, что ре-

зультаты исследования наглядно демонстрируют значимость анализа экологических данных в широких временных и пространственных масштабах. По его мнению, именно такой подход необходим для того, чтобы направлять мониторинг и оценку воздействия стремительно растущего числа применяемых химических веществ.

Система пополнения подземных вод округа Ориндж: масштабируемая модель обеспечения водной безопасности¹⁰

Кристина Ново

Система пополнения запасов подземных вод (GWRS) округа Ориндж — яркий пример передовых решений в области повторного использования воды. В данной статье рассматривается роль этой системы в рамках диверсифицированной стратегии водоснабжения, а также технические, институциональные и финансовые факторы, обеспечившие её успешную реализацию.

Повторное использование воды быстро эволюционировало из узкоспециализированной инновации в один из ключевых принципов устойчивого управления водными ресурсами. В условиях, когда города и коммунальные службы сталкиваются с вызовами, связанными с изменением климата и ростом населения, особенно важно обеспечивать надежные и разнообразные источники водоснабжения. Среди современных стратегий — оптимизация сетевой инфраструктуры, управление спросом и использование нетрадиционных ресурсов — повторное использование воды выделяется как один из наиболее практичных, экологически безопасных и социально значимых подходов. GWRS округа Ориндж по праву считается одной из самых успешных и масштабных инициатив в этой области.

В июньском номере вы также найдете статью Мехула Пателя, исполнительного директора по эксплуатации Управления водоснабжения округа Ориндж, в которой он делится опытом создания, развития и технического

¹⁰ Источник: Cristina Novo. Orange County's Groundwater Replenishment System as a scalable model for water security / <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/orange-countys-groundwater-replenishment-system-a-scalable-model-water> Опубликовано 6.08.2025

сопровождения системы. Настоящая статья призвана дополнить его взгляд, сосредотачиваясь на GWRS как воспроизводимой модели. Мы исследуем факторы, повлиявшие на её успех, и оцениваем потенциал применения аналогичных решений в других регионах.

Циклическое решение в округе Ориндж

Система пополнения запасов подземных вод (GWRS), функционирующая с 2008 г., является крупнейшим в мире современным объектом по очистке воды для непрямого повторного использования в питьевых целях. Совместно управляемая Водным округом округа Ориндж (Orange County Water District, OCWD) и Санитарным округом округа Ориндж (Orange County Sanitation District, OC San), эта система представляет собой тщательно спроектированный, многоступенчатый комплекс водоочистки. OC San ежедневно поставяет около 185 миллионов галлонов вторично очищенных сточных вод, прошедших через традиционные этапы первичной и вторичной очистки, включая механическое просеивание, удаление песка, биофильтрацию, активный ил, осветление и дезинфекцию. Программа контроля источников обеспечивает минимизацию попадания в сточные воды промышленных загрязнителей и новых потенциально опасных веществ.

Третичный этап очистки в системе GWRS включает три ключевых технологии:

1. *Микрофильтрация (МФ)* — используется фильтрация с помощью полых волоконных мембран с размером пор 0,2 микрометра. Этот этап удаляет взвешенные частицы, простейших, бактерии и часть вирусов.
2. *Обратный осмос (ОО)* — вода проходит через полупроницаемые мембраны под высоким давлением. На этом этапе эффективно удаляются растворённые соли, органические соединения, остатки фармацевтических препаратов и вирусы.
3. *Глубокое ультрафиолетовое (УФ) окисление* — заключительный этап, в котором вода подвергается воздействию высокоинтенсивного УФ-излучения в сочетании с перекисью водорода. Эта технология разрушает остаточные микрозагрязнители, включая нитрозодиметилламин (NDMA) и другие устойчивые органические соединения.

Результатом многоступенчатой очистки является вода с качественными характеристиками, близкими к дистиллированной. Перед подачей в водоносные горизонты она проходит стадию стабилизации, чтобы предот-

вратить коррозионное воздействие на инфраструктуру и обеспечить совместимость с природной гидрогеохимией. Очищенная вода затем распределяется стратегически для укрепления устойчивости региональных подземных водных ресурсов. Около 30 миллионов галлонов в день (MGD) закачиваются в прибрежные скважины в районах Фонтан-Вэлли и Хантингтон-Бич, формируя гидравлический барьер против проникновения морской воды. Ещё 90–100 MGD направляются в фильтрационные бассейны в Анахайме, где вода естественным образом просачивается через песчано-гравийные слои в глубокие водоносные горизонты, пополняя основной подземный резервуар округа Ориндж, служащий источником питьевой воды для миллионов жителей. Дополнительно, до 10 MGD может быть направлено в нагнетательные скважины в центральной части бассейна, в районе Санта-Аны, для дополнительной стабилизации уровня подземных вод. После завершения последнего этапа расширения в 2023 г., GWRS достигла полной проектной мощности — 130 MGD, что эквивалентно до 44 миллиардов галлонов очищенной воды в год. Это делает систему краеугольным камнем устойчивого и диверсифицированного водоснабжения округа Ориндж.

Операционная эффективность и интеграция

Эксплуатационная надежность и эффективность очистки составляют основу доверия к системе GWRS. В 2023 г. система продемонстрировала высокий показатель безотказной работы — 98,9%, обеспечив производством более 112 000 акро-футов очищенной воды. GWRS является ключевым элементом диверсифицированного портфеля водоснабжения округа Ориндж, который также включает использование воды из реки Санта-Ана, сбор и переработку ливневых стоков, а также импортные поставки по проектам «Река Колорадо» и водоснабжения штата Калифорния. Около 85% потребности в воде в северных и центральных районах округа покрывается за счет подземных вод, а оставшаяся часть — импортной водой.

Отличительной чертой системы GWRS является не только её инженерная сложность, но и безупречная интеграция в долгосрочную стратегию управления водными ресурсами округа Ориндж. Такая интеграция обеспечивает адаптивное управление эксплуатацией, поддержание гидравлической стабильности подземного бассейна и снижение зависимости от всё более нестабильных объемов импортируемой воды. Проект управляется совместным руководящим комитетом, что отражает высокий уровень институционального сотрудничества между санитарным и водоснабженческим секторами. Дополнительным фактором успеха стала прогрессивная нормативно-правовая база штата Калифорния в области непрямого по-

вторного использования питьевой воды. В сочетании с упреждающим соблюдением регуляторных требований и активной информационно-просветительской работой со стороны OCWD это сформировало уникальную и воспроизводимую модель управления водными ресурсами.

За пределами дефицита: почему повторное использование воды важно повсюду

Хотя практика повторного использования воды часто развивается в ответ на дефицит водных ресурсов, её значение выходит далеко за пределы засушливого климата. Система GWRS — это не только решение проблемы дефицита воды, но и эффективный инструмент управления сточными водами, повышения энергоэффективности и сокращения выбросов парниковых газов. Она предоставляет децентрализованный, устойчивый к климатическим изменениям источник водоснабжения, соответствующий принципам комплексного управления водными ресурсами. Для коммунальных служб в прибрежных или густонаселённых регионах особую актуальность приобретают такие задачи, как снижение объёмов сброса сточных вод в океан, защита водной среды и диверсификация источников.

GWRS также выделяется своей продуманной работой с общественностью и заинтересованными сторонами. С момента запуска проекта OCWD системно инвестировал в укрепление общественного доверия через открытость, информирование и вовлечение. Более 60 000 человек — от специалистов водного сектора и представителей регулирующих органов до студентов — посетили объект лично. Просветительские инициативы, включая взаимодействие с медиа, образовательные программы и даже раздачу бутилированной воды, произведённой GWRS, сыграли ключевую роль в формировании позитивного восприятия повторного использования воды в питьевых целях. Социологические опросы и отзывы свидетельствуют о стабильном росте общественной поддержки, позволившем трансформировать изначальный скептицизм в активную гражданскую вовлечённость и поддержку проекта.

Экспорт модели: возможности и требования

Воспроизведение системы GWRS в других регионах требует наличия определённых условий. Прежде всего необходим стабильный приток вторично очищенных сточных вод, а также доступ к гидрогеологически пригодному водоносному горизонту, позволяющему реализовать не прямое повторное использование в питьевых целях. Ключевым фактором успеха

является чётко сформулированная нормативно-правовая база. Власти должны определить целевые показатели качества воды, параметры экологических буферов, а также требования по удалению патогенов и химических веществ. Не менее важен институциональный потенциал: эффективная координация между коммунальными службами, управление отношениями с заинтересованными сторонами и наличие устойчивых финансовых механизмов.

Система GWRS также зарекомендовала себя как надёжный инструмент в борьбе с новыми загрязнителями. Вода регулярно тестируется на наличие пер- и полифторалкильных соединений (ПФАС), включая ПФОА и ПФОС. Благодаря многоступенчатой очистке — в частности, технологии обратного осмоса и УФ-окисления с добавлением перекиси водорода (УФ/АОП) — достигаются следовые или неопределяемые концентрации этих веществ, значительно ниже установленных рекомендаций органов здравоохранения штата Калифорния. Таким образом, GWRS выступает не только как инновационное решение в области водоснабжения, но и как эффективный инструмент защиты общественного здоровья от стойких загрязнителей нового поколения.

Финансирование видения

Финансовая структура проекта GWRS играет не менее важную роль, чем его инженерные решения. С момента запуска и до завершения последнего этапа расширения система потребовала капитальных вложений на сумму более \$900 млрд. Первоначальный этап был завершён в 2008 г.: система была введена в эксплуатацию с производительностью 70 MGD и стоил около \$481 млн. В последующие годы объект прошёл два масштабных этапа модернизации:

- в 2015 г. производительность увеличена до 100 MGD (стоимость — \$142 млн)
- в 2023 г. — до текущих 130 MGD (стоимость — \$284 млн).

Такой масштаб инвестиций стал возможен благодаря эффективному сочетанию местных, региональных и федеральных механизмов финансирования. OCWD и его партнёры активно использовали разнообразные инструменты — от грантов и субсидий до льготных займов, что позволило удерживать долгосрочные эксплуатационные издержки на приемлемом уровне.

Среди ключевых источников финансирования:

- Государственная программа “Чистая вода” (State Revolving Fund),
- федеральная программа Раздела XVI Бюро мелиорации США,
- финансирование Агентства по охране окружающей среды (EPA) в рамках программы WIFIA (Water Infrastructure Finance and Innovation Act),
- а также средства, выделенные по различным водным облигационным проектам штата Калифорния.

Для международных специалистов в области водных ресурсов ключевой вывод из опыта GWRS — необходимость диверсификации источников финансирования и согласования интересов заинтересованных сторон на ранних этапах проекта. Хотя конкретные источники и условия финансирования будут варьироваться в зависимости от страны, пример GWRS демонстрирует, что даже сложные и технологически продвинутые проекты в сфере повторного использования воды могут быть экономически жизнеспособными при условии многоуровневого, долгосрочного финансового планирования. Опыт GWRS также подчёркивает необходимость обеспечения финансовой устойчивости на каждом этапе развития, позволяя коммунальным службам масштабировать инфраструктуру по мере изменения спроса и нормативных условий.

Глобальное признание и влияние

Международное значение усилий округа Ориндж в сфере повторного использования воды подтверждается широким признанием, которое получил Водный округ округа Ориндж (OCWD). В 2014 г. OCWD была удостоена престижной премии имени Ли Куан Ю в области водных ресурсов, присуждаемой Советом по коммунальным услугам Сингапура (PUB), за инновационное лидерство в области пополнения подземных вод и повторного использования воды в питьевых целях. Это признание не только отметило успех проекта GWRS, но также подчеркнуло вклад более ранней разработки OCWD — Water Factory 21, одного из первых в мире объектов, применивших обратный осмос для производства питьевой воды из очищенных сточных вод.

Влияние работы OCWD оказалось по-настоящему транснациональным. Опыт округа Ориндж напрямую повлиял на формирование стратегии повторного использования воды в Сингапуре. Вдохновившись технологическими решениями и коммуникационными подходами OCWD, Сингапур

разработал инициативу NEWater, которая впоследствии стала краеугольным камнем государственной стратегии устойчивого водопользования. Подход OCWD — основанный на использовании многоступенчатых очистных барьеров, системном мониторинге качества воды и активной работе с общественностью — стал моделью для формирования международных стандартов в области безопасного повторного использования питьевой воды.

GWRS демонстрирует, как локальные инновации могут стимулировать глобальные изменения, предлагая воспроизводимую модель для городов и регионов по всему миру, сталкивающихся с растущими вызовами в области водоснабжения. Её успех наглядно подтверждает ценность комплексного подхода, сочетающего технологические решения, институциональное управление и доверие общества.

План будущего

На фоне стремительного развития нормативно-правовой базы в области прямого повторного использования питьевой воды и усиления климатических вызовов, GWRS остаётся проверенной и признанной эталонной моделью. Её успех вдохновил запуск аналогичных проектов в Техасе, Аризоне, Сингапуре и Австралии, а энергетические и водные компании по всему миру используют GWRS как ориентир — как для технической валидации, так и для стратегического планирования.

По своей сути система GWRS представляет собой переход от линейной модели водопользования к циклической, где сточные воды рассматриваются не как отход, а как ресурс. Её ценность выходит за рамки инженерной инфраструктуры — она заключается также в институциональной, нормативной и социальной архитектуре, которая обеспечивает устойчивость и воспроизводимость модели. Для специалистов, отвечающих за планирование и реализацию систем водоснабжения будущего, опыт округа Ориндж даёт чёткий сигнал: повторное использование воды в питьевых целях — не только технически осуществимо, но и масштабируемо, устойчиво и абсолютно необходимо.

Подводные капсулы в Калифорнии превратят Тихий океан в источник питьевой воды¹¹

У побережья Малибу стартует первый в США проект подводного опреснения морской воды, который может обеспечить сотни тысяч жителей Калифорнии устойчивым источником пресной воды.

Компания OceanWell совместно с муниципальным округом водоснабжения Лас-Вирдженес и рядом других водоканалов запускает установку Water Farm 1: на глубине около 400 метров на дне залива Санта-Моника будут размещены десятки модульных капсул, использующих природное давление океана для фильтрации воды по принципу обратного осмоса.

Каждый контейнер способен производить до 3,8 миллиона литров чистой воды в сутки. Фильтры задерживают соль, микропластик, бактерии, вирусы и даже перфторированные аммониевые кислоты (PFAS), известные как «вечные химикаты». К 2030 году проект должен выйти на уровень 227 миллионов литров питьевой воды в день.

Технология позиционируется как более экологичная альтернатива традиционным опреснительным заводам: по данным компании, энергопотребление снижается на 40%, а морские экосистемы не страдают. Тем не менее, параллельно ведутся дополнительные экологические исследования, в том числе с участием коренных общин, чтобы гарантировать безопасность проекта.

Калифорния особенно остро нуждается в новых источниках воды: регион страдает от затяжных засух, ускоренного таяния снежных запасов, обмеления реки Колорадо и роста испарения из водохранилищ. «Water Farm 1 демонстрирует, как можно устойчиво и экономично добывать пресную воду из океана, учитывая климатические вызовы будущего», — отметил генеральный директор OceanWell Роберт Бергстром.

¹¹ Источник: <https://ecosphere.press/2025/08/25/podvodnye-kapsuly-v-kalifornii-prevratyat-tihij-okean-v-istochnik-pitevoj-vody/> Опубликовано 25.08.2025

Технологии

Вода из-под света: российские ученые нашли безопасный способ очистки воды¹²

Ученые из Сколтеха создали и запатентовали новый фотокатализатор, позволяющий эффективно очищать воду от опасных бактерий и органических загрязнений под воздействием видимого света от обычных LED-светильников. Как сообщают «Известия», эта технология призвана заменить устаревший и опасный метод с применением ультрафиолетового излучения от ртутных ламп.

Новый подход решает сразу несколько проблем. Ртутные лампы не только токсичны и требуют особой утилизации, но и обеззараживают воду неравномерно, а также способствуют образованию опасного озона.

«Мощность излучения ртутных ламп значительно снижается, когда увеличивается расстояние между облучаемым раствором и источником, поэтому концентрация образующегося вблизи осветительного прибора озона при дезинфекции воды может существенно превышать допустимую по санитарным нормам», — пояснила автор патента, стажер-исследователь Центра фотоники и фотонных технологий Сколтеха Екатерина Моисеева.

В основе классической технологии лежит диоксид титана (TiO_2), который активируется только ультрафиолетом. Российские исследователи предложили усовершенствовать его, создав гибридный композит с фталоцианиновым красителем. Этот краситель поглощает энергию обычного видимого света и передает ее диоксиду титана, запуская процесс очистки.

«Ключевое отличие в случае с гибридным материалом в том, что фотон поглощает фталоцианин, а образующийся электрон переходит на диоксид титана и после реализуется уже известный механизм. В итоге получается фотокатализатор для очистки сточных вод, способный функционировать при облучении видимым светом», — сказал профессор Центра фотоники и фотонных технологий Сколтеха Дмитрий Горин.

По словам создателей, новый материал дешев, нетоксичен и обладает высокой стабильностью. Его можно интегрировать в существующие

¹² Источник: <https://ecoportal.su/news/view/130181.html> Опубликовано 23.08.2025

очистные сооружения как дополнительную ступень к песчаным и угольным фильтрам или использовать в автономных установках.

Экономика и перспективы

Главным преимуществом технологии может стать ее экономическая выгода. Светодиоды, которые являются источником света, значительно долговечнее, безопаснее и энергоэффективнее ртутных ламп.

«Предложенная технология очистки воды может быть намного более выгодой, так как светодиоды значительно долговечнее ртутных ламп. Когда они перегорают, их замена — самая большая статья расходов на обеззараживание. Плюс нужно найти куда их можно сдать. Они еще и очень хрупкие и при разрушении происходит заражение территории ртутью», — сказал координатор программы экологизации промышленности Центра охраны дикой природы Игорь Шкрадюк.

Эксперты отмечают, что если эффективность и экономичность технологии подтвердится на практике, сферы ее применения будут практически безграничны — от промышленных очистных сооружений и бытовых фильтров до обеспечения водой космических станций и экспедиций.

«Важна также промышленная апробация на воде разного состава и в разных климатических и погодных условиях, при разной интенсивности светового потока; определить скорость очистки, пропускную способность конструируемых систем и так далее», — сказал член Общественного совета при Минприроды России Владимир Пинаев.

На данный момент технология выглядит крайне перспективной, но специалисты подчеркивают, что при ее внедрении могут возникнуть непредвиденные трудности, которые проявятся только в ходе масштабных испытаний.

Как ИИ меняет и улучшает подходы к управлению рисками, связанными с водой¹³

Хосе Игнасио Галиндо, Николас Вертхаймер

Риски, связанные с водой — включая дефицит, сильные наводнения, масштабное загрязнение и ухудшение качества воды — относятся к числу наиболее серьёзных глобальных проблем. Сообщается, что изменение климата и нерациональное использование водных ресурсов способствуют усилению таких явлений, как продолжительные засухи, разрушительные наводнения, вспышки загрязнения и острый дефицит воды, делая их более частыми и взаимосвязанными.

Недавние события, включая катастрофические наводнения в центральной части Техаса, затяжные засухи, затронувшие сельское хозяйство в северной Мексике, разрушительные муссонные наводнения в Пакистане, а также химическое загрязнение европейских рек, подчёркивают необходимость внедрения быстрых и эффективных методов управления водными ресурсами.

Однако традиционные подходы к управлению рисками, связанными с водой, не справляются с решением этой сложной задачи. Огромный объём и разнообразие данных — включая подробные нормативные отчёты, научные статьи, локальные измерения, спутниковые снимки и модели — зачастую оказывают информационное давление на экспертные и не экспертные команды.

Сообщается, что ручной анализ оказывается медленным, дорогостоящим, подверженным ошибкам и неэффективным в условиях быстро меняющихся обстоятельств. Кроме того, важная информация зачастую остаётся недоступной из-за несовместимости форматов и языковых барьеров, что усугубляет пробелы в знаниях, особенно в тех регионах, где устойчивость к водным рискам имеет критическое значение.

ИИ может изменить подход к реагированию на водные риски

Недавние достижения в области больших языковых моделей (LLM) и генеративного искусственного интеллекта существенно изменили возмож-

¹³ Источник: Jose Ignacio Galindo, Nicolas Wertheimer. How AI is rewriting and enhancing water risk management / <https://www.weforum.org/stories/2025/07/ai-water-risk-management/> Опубликовано 24.07.2025

ности понимания и эффективного реагирования на водные риски. Сообщается, что эти системы на базе искусственного интеллекта выходят за пределы простой автоматизации рутинных задач, устанавливая новые стандарты интеллектуальности, точности и оперативности при оценке водных рисков.

Отмечается, что традиционно извлечение значимой информации из обширных и неструктурированных наборов данных — таких как правительственные отчёты, научные публикации, нормативные документы, полевые измерения, местные новости и каналы мониторинга в реальном времени — представляло значительную проблему.

Указывается, что команды часто вынуждены были полагаться на устаревшие данные или обобщённые модели рисков, что приводило к задержкам, неточностям и даже отсутствию необходимых оценок.

Сегодня платформы на базе искусственного интеллекта напрямую решают эти задачи за счёт следующих возможностей:

- **Семантическое понимание:** ИИ выходит за рамки простого поиска по ключевым словам, улавливая более глубокий контекст и нюансы значений, что позволяет предоставлять релевантную информацию даже при различиях в терминологии, языке или форматах данных. Например, если в одном отчёте на испанском языке упоминается «напряжение водоносного горизонта», а в другом на английском — «перерасход подземных вод», система распознаёт оба термина как относящиеся к одному и тому же базовому риску и объединяет соответствующую информацию.
- **Интеллектуальная фильтрация:** системы искусственного интеллекта выявляют и приоритизируют наиболее авторитетную, актуальную и географически релевантную информацию, необходимую для точной оценки рисков с учётом конкретного местоположения. Например, платформа Waterplan оценивает релевантность данных на основе таких факторов, как своевременность информации, тип данных (например, местные измерения, проведённые государственными или научными учреждениями) и достоверность источника. При этом критерии оценки могут существенно варьироваться в зависимости от типа индикатора риска и анализируемого региона или страны.
- **Непрерывная экспертная проверка:** указывается, что каждый вывод, сгенерированный искусственным интеллектом, проходит непрерывную экспертную проверку на основе данных, проанализированных специалистами. Такой подход позволяет эффективно сочетать скорость работы машины с человеческим опытом, значительно ускоряя процесс — от сбора исходных данных до выработки практических рекомендаций — с нескольких месяцев до нескольких дней или

даже часов. В качестве практического примера приводится внутренний инструмент проверки данных платформы *Waterplan*. Для каждого индикатора риска, связанного с водой — включая физические (объём, качество и наводнения), нормативные и инфраструктурные риски, — сгенерированных искусственным интеллектом платформы, конечные результаты (источники, анализы, описания и оценки рисков) систематически оцениваются экспертами в области водных ресурсов. Отмечается, что данный процесс обеспечивает точность, предотвращает ошибки и ложные срабатывания (так называемые «галлюцинации») в оценках, связанных с конкретным местоположением, поддерживает актуальность информации и способствует постоянному повышению надёжности модели.

В компании *Waterplan* отмечают, что передовые возможности искусственного интеллекта используются через их платформу для оценки водных рисков, основанную на ИИ. Сообщается, что благодаря постоянной интеграции свежих данных высокого качества и экспертно проверенной информации они стремятся создать первого в мире по-настоящему динамичного эксперта по воде на базе искусственного интеллекта, который сможет масштабировать и раскрыть потенциал человеческих знаний в области водоснабжения на глобальном уровне.

Аналитика в режиме реального времени для динамических рисков, связанных с водой

Одним из главных преимуществ искусственного интеллекта является его способность предоставлять постоянно обновляемую информацию в режиме реального времени, что резко контрастирует со статическими отчётами. Эта особенность идеально соответствует современным требованиям к динамической оценке. Ведущие специалисты в области ИИ всё чаще подчёркивают, что динамическая оценка становится ключевым направлением исследований, особенно учитывая, что статические методы приближаются к своим пределам.

Данное мнение особенно актуально для сферы управления рисками, связанными с водными ресурсами, где условия постоянно меняются под влиянием климатических колебаний, антропогенной деятельности и непредвиденных природных явлений. Модели искусственного интеллекта должны непрерывно интегрировать новые данные, выявлять возникающие тенденции и оперативно адаптироваться к новым сценариям, что и составляет суть динамической оценки.

Отмечается, что управление рисками, связанными с водой, не имеет окончательного «решённого» состояния, что означает возможность постоянного развития моделей искусственного интеллекта. Такой подход идеально соответствует потребности в непрерывном, итеративном обучении и адаптации.

Платформа искусственного интеллекта Waterplan регулярно получает новые данные из локальных измерений (уровни подземных вод, сток рек, качество воды и др.), последних гидрологических анализов, свежих исследований, правительственных источников и новостных материалов.

Платформа генерирует непрерывные оценки, используя собственные наборы данных, разработанные внутренними экспертами по водным ресурсам. Это обеспечивает постоянное обучение моделей и их адаптацию к изменяющимся условиям окружающей среды. Такой подход позволяет проводить высокоточные и детализированные оценки рисков, связанных с водными ресурсами, в различных регионах, динамично учитывая новую информацию по мере её поступления.

Устранение пробелов в данных в уязвимых регионах

Отмечается, что в регионах с дефицитом надёжных данных о водных ресурсах способность ИИ применять семантическое расширение и контекстный поиск становится революционной. Такие модели эффективно обрабатывают нестандартные форматы данных и выявляют ранее незамеченные закономерности, что позволяет устранять пробелы в информации, которые исторически препятствовали обеспечению устойчивости водных ресурсов.

В качестве примера приводится недавнее исследование в Японии, в ходе которого учёные из Waterplan обучили модели с длинной краткосрочной памятью (LSTM) на основе ежедневных гидрометеорологических данных по 211 водосборным бассейнам, охватывающим более 43 % территории страны. Эти модели применялись для прогнозирования стока рек в бассейнах, где отсутствуют физические измерительные приборы.

Отмечается, что результаты оказались впечатляющими: модель достигла средней эффективности по шкале Нэша-Сутклиффа на уровне 0,78 и средней корреляции 0,91 на тестовых водосборных бассейнах. Это доказало, что искусственный интеллект способен точно оценивать речной сток даже в неизученных водосборных бассейнах с ограниченными данными.

Подчеркивается, что данный пример демонстрирует, как методы глубокого обучения могут восполнить критические пробелы в наблюдениях, позволяя принимать надёжные и основанные на данных решения по

управлению водными ресурсами в одних из наиболее уязвимых и недостаточно контролируемых регионов мира.

Переломный момент для глобальной водной безопасности

Отмечается, что ИИ дополняет, а не заменяет человеческий опыт. Оптимальные решения по управлению рисками, связанными с водой, интегрируют человеческое суждение в рабочие процессы ИИ. Примером такого подхода называют инструмент проверки данных Waterplan, который позволяет аналитикам эффективно проверять выводы, полученные с помощью искусственного интеллекта, предоставлять важные отзывы и тем самым постоянно повышать точность модели. Такая динамика сотрудничества, как подчёркивается, гарантирует достоверность и точность получаемых оценок.

Указывается, что ИИ превратился из новой концепции в незаменимый инструмент в глобальных усилиях по обеспечению безопасности водных ресурсов. Благодаря автоматизации трудоёмких задач, выявлению скрытых тенденций и значительному ускорению получения аналитической информации, ИИ даёт специалистам возможность быстро и уверенно реагировать в наиболее критических ситуациях.

Подчеркивается, что сочетание передовых возможностей ИИ с экспертными оценками людей представляет собой самый надёжный путь вперёд в управлении и защите одного из важнейших ресурсов планеты.

По мере усложнения рисков, связанных с водой, использование решений на основе ИИ в сочетании с человеческой изобретательностью станет ключом к обеспечению водной безопасности в будущем.

Финансы

Что необходимо для привлечения инвестиций в водохозяйственную инфраструктуру?¹⁴

Мауро Джанни, Исидора Коста

Вода становится серьезным геополитическим риском, поскольку её дефицит и неравномерный доступ способствуют росту политической напряжённости. Когда спрос превышает предложение, усиливается конкуренция за трансграничные реки, водохранилища и водоносные горизонты, что оказывает дополнительное давление на и без того нестабильные регионы.

Однако при справедливом и прозрачном регулировании доступа к воде она может стать мощным катализатором социально-экономического развития, сотрудничества и миростроительства, способствуя трансграничному взаимодействию и долгосрочной стабильности.

14 июля 2025 г. в Женеве (Швейцария) более 30 высокопоставленных руководителей водохозяйственного сектора собрались на семинаре высокого уровня, организованном Всемирным экономическим форумом и проведённом его Центром глобальных индустрий.

Этот диалог объединил водоснабжающие компании, поставщиков технологий, финансистов и политиков с целью достижения консенсуса по сложным вопросам, связанным с водохозяйственными системами, определения передовых практик и выработки стратегических приоритетов отрасли. Это произошло накануне ключевых глобальных событий, таких как ежегодная встреча Всемирного экономического форума 2026 г. в Давосе (Швейцария), Конференция ООН по водным ресурсам и Конференция ООН по изменению климата.

В контексте глобального сотрудничества по созданию устойчивых и справедливых систем водоснабжения особое внимание было уделено вопросам мобилизации инвестиций в водохозяйственную инфраструктуру. Участники подчеркнули растущую роль цепочки создания стоимости в водохозяйственном секторе, который переживает глубокие преобразования.

¹⁴ Источник: Mauro Gianni, Isidora Kosta. What will it take to unlock investment in water infrastructure? / <https://www.weforum.org/stories/2025/08/water-infrastructure-investment-growth/> Опубликовано 4.08.2025

В результате этих обсуждений были выделены три ключевых вывода, которые должны стать центральными в рамках всех глобальных процессов и дискуссий, связанных с управлением водными и другими ресурсами.

1. Продемонстрировать срочность и социально-экономические последствия

Семинар предоставил лидерам сектора своевременную возможность для переосмысления и выработки новой точки зрения: воду необходимо признавать стратегическим активом для инвестиций, а также экологической и операционной проблемой. В конечном счёте, вода играет решающую роль в экономическом росте и геополитической стабильности.

Традиционно государственные расходы и средства на развитие направляются прежде всего на «насуточные нужды». Хотя вода является основой практически всех аспектов экономики и повседневной жизни, она редко становится приоритетом для принятия решений. Это несоответствие приводит к хроническому недофинансированию, несмотря на растущий спрос на воду и усиливающиеся климатические риски.

Вода жизненно важна для здоровья, устойчивости к изменению климата и экономического процветания, однако часто не воспринимается как кризисная сфера, требующая немедленного выделения ресурсов. Обоснование срочной необходимости обеспечения устойчивости водных ресурсов и оценки её социально-экономического влияния является важнейшим первым шагом для сокращения инвестиционного разрыва.

Парадокс заключается в том, что вода поддерживает все – от сельского хозяйства до энергетики и цифровой инфраструктуры, – но при этом остаётся в значительной степени незаметной в глобальных инвестиционных стратегиях.

Несмотря на ключевое значение воды для большинства отраслей промышленности, водоснабжающие компании занимают низкие позиции по объёму глобальной выручки и рыночной капитализации. По данным Всемирного банка, дефицит инвестиций в этот сектор составляет около \$7 трлн. Согласно данным ОЭСР, тарифы покрывают лишь 70% затрат на водоснабжение, а оставшаяся часть финансируется за счёт государственных средств.

Между тем, по информации Всемирного водного совета, доля смешанного финансирования в сфере водоснабжения и санитарии составляет всего 5% от общего объёма транзакций и менее 1,5% от мобилизованного коммерческого финансирования.

Без изменения отношения к воде политическое и финансовое внимание по-прежнему будет отставать от реальных потребностей сектора.

Более того, социально-экономическая ценность воды остаётся значительно недооценённой. По расчётам Acea Research & Studies, основанным на межстрановых таблицах ввода-вывода Организации экономического сотрудничества и развития за 2021 г., каждый вложенный доллар в водохозяйственный сектор приносит не менее \$2,50 дохода, стимулируя развитие таких отраслей, как строительство, услуги и промышленное производство.

Кроме того, с социальной точки зрения водохозяйственная инфраструктура способствует созданию рабочих мест — более 16 рабочих мест на каждый вложенный миллион долларов. Поэтому признание воды как срочной и высокоэффективной инвестиции является ключевым фактором для стимулирования системных преобразований.

2. Определите рынок и участников

Чёткое определение объёма инвестиционного рынка в сфере водных ресурсов, его приоритетных направлений и ключевых участников имеет решающее значение для мобилизации государственного и частного капитала. Это необходимо для стимулирования приоритетных вложений, обеспечивающих наибольший социально-экономический и климатический эффект в соответствии с региональными потребностями.

Это особенно актуально в условиях, когда компании, работающие в сфере водохозяйственной инфраструктуры, всё чаще взаимодействуют с быстроразвивающимися отраслями, открывая новые инвестиционные возможности, выходящие за рамки традиционных моделей.

От децентрализованных замкнутых водных решений для сектора недвижимости до систем охлаждения, оптимизированных с помощью искусственного интеллекта, — вода становится фактором конкурентоспособности даже для нетрадиционных участников рынка.

Эти примеры подчёркивают растущую необходимость в сотрудничестве между традиционными и нетрадиционными участниками водного сектора: такое взаимодействие способно открыть путь к инновационным бизнес-моделям и привлечению дополнительных источников капитала.

Подобные партнёрства уже формируются. Так, сотрудничество Ecolab и Microsoft направлено на совершенствование данных о воде в целях продвижения устойчивых практик, а альянс **Acea** и **Intesa Sanpaolo** охватывает исследования, финансирование инфраструктуры и развитие человеческого капитала.

Кроме того, модель многофункциональных коммунальных предприятий, при которой одна компания управляет несколькими ключевыми услугами — водоснабжением, энергоснабжением и газоснабжением — в рамках единой управленческой структуры, создаёт привлекательные возможности для межотраслевой синергии. Такой подход способствует расширению доступа к капиталу, привлечению талантов, ускоренному внедрению технологий и укреплению связей с местными сообществами.

3. Чётко сформулировать передовой мировой опыт

Без надёжных данных о водопотреблении — особенно в промышленности и сельском хозяйстве — политикам крайне сложно разрабатывать эффективные, основанные на фактических данных механизмы устойчивого управления водными ресурсами.

Одновременно с этим, на фоне растущей необходимости инвестиций в инфраструктуру — вызванной износом существующих систем, необходимостью адаптации к изменению климата и увеличением спроса — становится критически важно создать нормативно-правовую среду, которая будет стимулировать инвестиции, поощрять инновации и формировать эффективные партнёрства в водном секторе.

Компании, участвующие в цепочке создания стоимости воды, могут сыграть ключевую роль в выявлении, распространении и внедрении передового мирового опыта, а также в разработке рентабельных проектов, способствующих стандартизации бизнес-моделей.

Разъясняя ключевые факторы успеха, а также снижая уровень неопределённости и фрагментации в секторе, такие компании способствуют более эффективной разработке политики, модернизации нормативно-правовой базы и формированию предсказуемой инвестиционной среды.

Для развития этих усилий и привлечения капитала в необходимых масштабах становится всё более актуальной задача разработки специализированных финансовых инструментов, адаптированных к особенностям водохозяйственных проектов — с учётом их рисков, сроков реализации и уровня доходности.

Новая концепция для водного сектора

Женевский семинар стал важным шагом в переосмыслении систем водоснабжения и обновлении подходов к инвестициям в них, подчеркнув,

что необходимость трансформации водного сектора сегодня как никогда актуальна.

Обладая чётким пониманием того, что действительно работает и почему, водный сектор может перейти от статуса недооценённого компонента к роли ключевого драйвера устойчивого экономического роста, инноваций и климатической устойчивости.

В поддержку этого сдвига Всемирный экономический форум возглавит усилия по:

- оценке инвестиционного потенциала рынка водных ресурсов,
- выявлению ключевых факторов, способствующих реализации эффективной политики и привлечению финансирования,
- сбору и распространению передовых мировых практик по всей цепочке создания стоимости воды.

Эта работа позволит получить первичную картину инвестиционного разрыва в инфраструктуре в разных регионах мира, определить приоритетные направления развития и заложить основу для создания стандартизированного набора инвестиционных инструментов, направленных на повышение устойчивости водных ресурсов.

Здоровье

Невидимая угроза: какие вещества могут содержаться в питьевой воде¹⁵

На первый взгляд вода из скважины или колодца кажется идеально чистой — прозрачная, без запаха, холодная. Но внешнее впечатление далеко не всегда отражает реальное качество. В воде могут присутствовать вещества, которые невооруженным глазом обнаружить невозможно, но они напрямую влияют на здоровье человека и долговечность бытовой техники.

Какие примеси встречаются чаще всего

- **Железо и марганец.** Эти элементы характерны для грунтовых вод в большинстве регионов. Они окрашивают воду в желтоватый или бурый оттенок, оставляют налет на сантехнике и могут вызывать нарушения работы печени при регулярном употреблении.
- **Соли жесткости (кальций и магний).** Высокая жесткость приводит к образованию накипи на чайниках, стиральных машинах и нагревательных элементах. Кроме того, она сушит кожу и волосы.
- **Нитраты и нитриты.** Обычно появляются в воде из-за удобрений, используемых в сельском хозяйстве. Эти соединения особенно опасны для детей, так как могут вызывать кислородное голодание тканей.
- **Бактерии и вирусы.** Микробиологическое загрязнение встречается при негерметичности скважины или близости септика. Даже единичное попадание патогенных бактерий способно вызвать кишечные инфекции.
- **Тяжелые металлы.** Свинец, ртуть, кадмий и другие элементы могут проникать в воду при неблагоприятной геологии или из-за старых трубопроводов. Их накопление в организме приводит к хроническим заболеваниям.

¹⁵ Источник: <https://www.techcult.ru/promo/15533-nevidimaya-ugroza> Опубликовано 21.08.2025

Почему визуальная оценка не работает

Даже если вода выглядит идеально прозрачной и имеет приятный вкус, это не гарантия ее безопасности. Многие вещества не имеют ни цвета, ни запаха. Классический пример — нитраты: определить их присутствие можно только в лабораторных условиях. Поэтому регулярный анализ воды из скважины является обязательным шагом для всех, кто использует автономное водоснабжение.

Роль фильтрации

После того как получены результаты анализа, можно переходить к подбору оборудования. Современная система фильтрации воды для дома строится на модульном принципе: каждый блок отвечает за устранение определенного вида загрязнений.

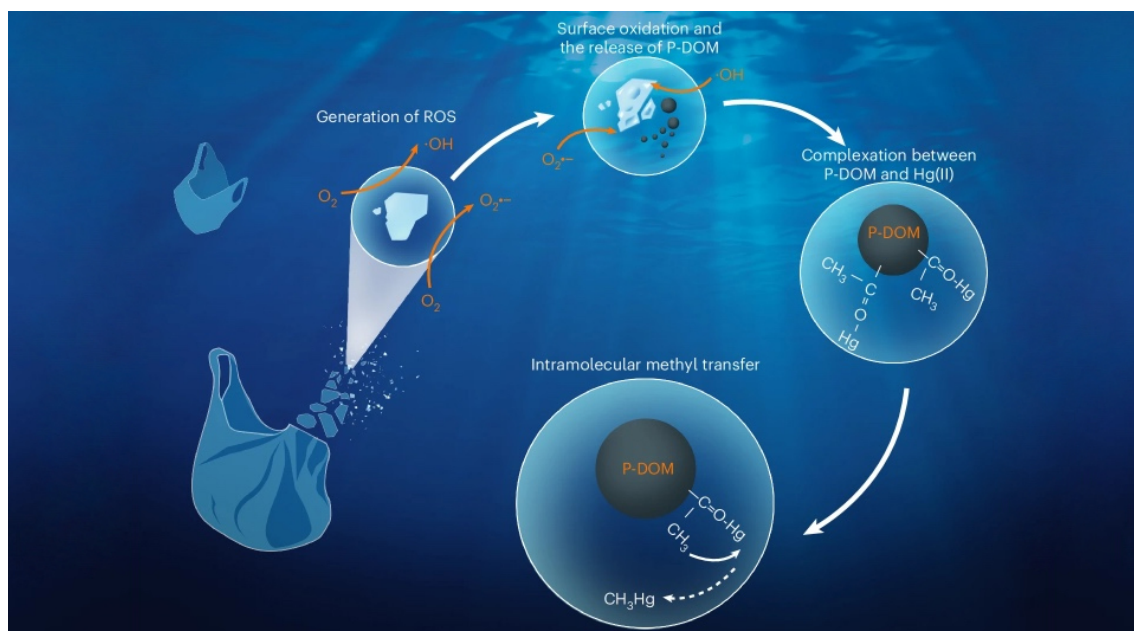
- Для удаления железа применяются аэрационные и каталитические фильтры.
- Жесткость корректируется установками умягчения с ионообменной смолой.
- Нитраты и соли убираются системами обратного осмоса.
- Бактерии уничтожаются ультрафиолетовыми стерилизаторами или мембранными фильтрами.

В результате владелец получает не только безопасную для здоровья воду, но и защиту для всей сантехники, бытовой техники и инженерных систем.

Вода из скважины не всегда так безопасна, как может показаться на первый взгляд. В ней могут присутствовать десятки соединений, способных причинить вред организму. Единственный надежный способ убедиться в ее качестве — провести лабораторное исследование и на его основе подобрать эффективную систему очистки. Правильно выбранная технология позволит превратить потенциальную угрозу в источник здоровья и комфорта на долгие годы.

Микропластик привел к загрязнению воды метилртутью¹⁶

Загрязнение пресных вод полипропиленом приводит к дополнительному загрязнению метилртутью, а ее потенциал в мировом масштабе может достигать одной сотой процента в день. Даже в отсутствие света и микроорганизмов частицы полипропилена в пресных водах подвергаются выветриванию: они выделяют гидроксильные радикалы и растворенное органическое вещество, которые метилируют имеющуюся в воде неорганическую ртуть и алкилируют ее до токсичной метилртути. Об этом говорится в статье, опубликованной в журнале Nature Geoscience.



Раньше под выветриванием понимали химическое, физическое и биологическое преобразование горных пород. Сейчас этот процесс характерен и для пластика: за последние 50 лет накопилось около девяти миллиардов тонн пластиковых отходов, которые устойчивы в окружающей среде и по объему сопоставимы с многими горными породами. Существующие исследования сосредоточены в основном на процессах фотохимического выветривания (или «старения»), которое затрагивает пластик в облаках и верхних слоях поверхностных вод. При этом до 90 процентов мирового пластика оседает на глубине, куда практически не проникает солнечный

¹⁶ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/08/19/plastic-weathering> Опубликовано 19.08.2025

свет, и где слои воды аккумулируют ртуть. В присутствии свободных радикалов она может подвергнуться реакции алкилирования и превратиться в метилртуть — нейротоксин, аккумулирующийся в пищевых цепях.

Ученые под руководством Хуана Иннаня из Китайской академии наук исследовали как микропластик в пресных водоемах влияет на их загрязнение метилртутью. Они взяли пробы пресной воды из разных регионов Китая, стерилизовали, разлили в герметичные стальные контейнеры и добавили частицы полипропилена диаметром меньше миллиметра в концентрации 1200 штук на литр. Затем контейнеры поместили в пруд на 42 дня, чтобы проследить за выветриванием микропластика и взаимодействием образовавшихся веществ в темноте без участия микроорганизмов.

Также авторы провели лабораторные эксперименты, в которых подвергли частицы полипропилена, политетрафторэтилена, перфторалкоксилкана (тефлона) и калийной щелочи ускоренному выветриванию в присутствии высоких температур (до 90 градусов). Изменение поверхности частиц оценивали с помощью сканирующей электронной микроскопии, а отделившее от них органическое вещество — на масс-анализаторе ионно-циклотронного резонанса с Фурье-преобразованием.

До начала экспериментов концентрация неорганической ртути Hg(II) в образцах природных вод находилась в пределах от одного до восьми пикомоль на литр, то есть была фоновой. Количество метилртути чаще всего было ниже предела обнаружения. Длительное присутствие микропластика в воде не привело к общему росту концентрации ртути, но увеличило количество метилртути в пробах воды. По сравнению с контрольными образцами прирост составил 27-336 процентов. Авторы объяснили это выветриванием микропластика: оно способствовало образованию активных форм кислорода (гидроксильных радикалов $\text{OH}\cdot$), выделению растворенного органического вещества и последующему метилированию неорганической ртути.

Растворенное органическое вещество, выделившееся из микропластика, отличалось от природного меньшей молекулярной массой, низким содержанием серы и азота, и вдвое более высокой долей алифатических соединений. Учитывая, что на полипропилен приходится порядка 20 процентов мирового производства пластмасс и обнаруженных в водах пластиковых частиц, авторы оценили глобальный потенциал метилирования ртути по такому абиотическому механизму на величину до $7,5 \times 10^{-3}$ процента в день. Это означает, что каждый день почти одна сотая процента местной концентрации ртути может алкилироваться до метилртути. Такие концентрации выглядят очень низкими, но из-за высокой биодоступности они представляют значительную опасность — в живых организмах метилртуть будет накапливаться в количествах, больших на порядки.

Микропластик переводит в более токсичные соединения не только ртуть, но и хром. В сочетании с производными бензофенона (УФ-фильтры в некоторых солнцезащитных кремах) в морской воде он сорбирует хром и переводит его из степени окисления +3 в степень окисления +6. Это может усиливать токсическую нагрузку на морские экосистемы вблизи пляжей.

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