

Supported by:



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



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

based on a decision of
the German Bundestag

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА:

науча ищет решения

1

Часть



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2025

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Изменение климата: наука ищет решения

Ташкент 2025

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

Оценки и прогнозы	5
Изменение климата увеличит разрыв между спросом и предложением воды	5
Таяние ледников: исследование выявило рост площади озер, но затопления происходят из-за мелких озер	9
Глобальное отступление ледников значительно ускорилось	10
Какие города уйдут под воду из-за глобального потепления	13
Ученые предсказали начало следующего ледникового периода	15
Ученые открыли защитный механизм Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции	16
Ученые сопоставили циклы ледниковых периодов с орбитальными сдвигами	18
Климатолог Чжэнь Ли: глобальное потепление грозит Земле катастрофой	20
Ученые усомнились в пользе быстрорастущих деревьев для смягчения климата	21
Экстремальные колебания температуры рек: данные из открытых источников выявляют неожиданные закономерности	23
Потепление Южного океана изменит тропические осадки	25
Большая часть наземного углерода оказалась мертвым веществом	27
Факторы воздействия	30
Озеленение Земли в XXI веке будет намного сильнее, чем считалось	30
Изменяющийся климат угрожает спутникам на орбите — инженеры	32
Исследование: озоновая дыра закрывается	34

BCG :Инвестиции в климатические меры к 2100 году могут принести десятикратную доходность	37
Изменение климата меняет микробный мир горных рек	38
Раскрыт парадокс остывания Южного океана.....	39
Запасы воды в почве, озерах и реках Земли сокращаются. К чему это приведет?	42
Ученые впервые проследили эволюцию рек под ледниками Антарктиды.....	43
В зоне риска	45
Топ стран в Европе с наиболее резким потеплением.....	45
За год Мировой океан неожиданно поднялся сразу на полсантиметра	48
За последние 30-40 лет кратковременные осадки и риск наводнений стали возникать чаще	49
Технологии.....	51
Ученые хотят взорвать 1600 термоядерных бомб для борьбы с потеплением	51
Финансовые и регулятивные меры.....	53
Станут ли обмены долга драйвером «зеленого» развития Центральной Азии?.....	53
Откладывание решения экологических проблем замедлит мировую экономику.....	62
Потепление на 4 °С сделает среднестатистического человека на 40% беднее	63

Оценки и прогнозы

Изменение климата увеличит разрыв между спросом и предложением воды¹

Эмили Гринфилд

Вода — самый важный ресурс нашей планеты, поддерживающий все формы жизни, здоровье человека, экономическое развитие, сельское хозяйство и производство энергии. Однако нехватка воды стала одной из самых значительных мировых проблем двадцать первого века. Многие части мира уже страдают от нехватки воды из-за неустойчивых моделей ее использования и изменений окружающей среды. Изменение климата ускоряется, нарушения в характере осадков и повышение температуры напрягают водоснабжение, усугубляя дисбаланс спроса и предложения. Недавний анализ Лоренцо Розы и Маттео Санджорджио из Carnegie Science Политехнический университет Милана, опубликовано в Природа связи, подчеркивает важность установления жестких мер по управлению водными ресурсами для решения этих растущих трудностей. Их исследование анализирует разрыв между спросом и предложением воды в соответствии с глобальное потепление Сценарии 1.5°C и 3°C указывают на тревожные тенденции, требующие быстрых действий со стороны политиков, управляющих ресурсами и людей во всем мире.

Растущий разрыв между спросом и предложением воды и его последствия

Дефицит воды — многомерная проблема, затрагивающая миллиарды людей по всему миру. По оценкам Розы, около 4 миллиардов человек живут в местах, где нехватка воды наблюдается как минимум один месяц в году. Более того, почти половина орошаемого земледелия в мире приходится на районы, где спрос на воду превышает имеющуюся доступность. Термин «водный дефицит» относится к ситуации, в которой потребление

¹ Источник: <https://sigmaearth.com/ru/climate-change-to-widen-water-supply-and-demand-gap-study/>
Опубликовано 4.03.2025

воды превышает естественно доступную воду в любой момент времени, что приводит к потере критических водных ресурсов, таких как реки, озера, водоносные горизонты, и запасы грунтовых вод. Со временем это чрезмерное использование ограничивает водоснабжение и способствует ухудшению состояния окружающей среды и социально-экономической нестабильности.

Роза и Санджорджио подсчитали, что глобальный дефицит воды уже превышает 458 миллиардов кубометров в год. При сценарии потепления на 1.5°C, Ожидается, что эта разница увеличится на 6%, тогда как повышение температуры на 3°C может привести к увеличению на 15%.. Даже небольшое увеличение дефицита воды имеет серьезные последствия, особенно в сельском хозяйстве, где орошение имеет решающее значение для производства продовольствия. Сокращение доступности воды ставит под угрозу урожайность, усугубляя продовольственную бедность и вызывая экономические потери в фермерских общинах.

Кроме того, экологические последствия расширения водных пробелов включают потерю экосистем, зависящих от пресной воды. Водные среды обитания, такие как водно-болотные угодья, реки и озера имеют решающее значение для сохранения биоразнообразия и обеспечивают ключевые функции, включая фильтрацию воды, регулирование климата и контроль за наводнениями. По мере сокращения запасов пресной воды устойчивость этих экосистем ухудшается, что повышает опасность потери среды обитания и вымирания видов.

Стратегии устойчивого управления водными ресурсами

Решение проблемы нехватки воды требует комплексной стратегии, которая сочетает в себе устойчивость окружающей среды с растущими потребностями в воде растущего населения мира. Роза и Санджорджио подчеркивают важность внедрения политиками и управляющими ресурсами инновационных мер по управлению водными ресурсами для минимизации приближающейся проблемы. Эти стратегии включают в себя следующее:

Улучшение водоснабжения с помощью инфраструктуры и технологий

Одной из наиболее эффективных стратегий борьбы с нехваткой воды является повышение ее доступности за счет улучшения инфраструктуры и

внедрения технологий. Несколько ключевых способов могут помочь улучшить водоснабжение:

- **Опреснение:** Опреснение — это процесс, который преобразует морскую воду в пресную, которая может стать альтернативным источником воды для пустынных и прибрежных мест. Опреснение — энергоемкий процесс, но прогресс в Возобновляемая энергия интеграция может сделать его более устойчивым и экономически эффективным.
- **Повторное использование и переработка воды:** Очистка и повторное использование сточных вод может значительно повысить доступность воды для сельскохозяйственных, промышленных и муниципальных нужд. Такие страны, как Сингапур и Израиль, успешно построили крупномасштабные схемы переработки воды, чтобы уменьшить свою зависимость от поставок пресной воды.
- **Улучшенное хранение воды:** Инвестиции в устойчивую инфраструктуру хранения воды, такую как водохранилища и подземные водоносные горизонты, обеспечивают стабильное снабжение во время засух или нерегулярных осадков.
- **Проекты по переброске воды:** Транспортировка воды из районов с избытком запасов в районы с дефицитом может помочь сократить дефицит воды. Однако такие проекты требуют тщательного планирования, чтобы минимизировать ущерб окружающей среде и гарантировать равномерное распределение.

Сокращение потребности в воде за счет экономии и эффективности

Помимо повышения доступности воды, для решения проблемы ее нехватки жизненно важно ограничить спрос за счет ее экономии и повышения эффективности. Для достижения этой цели можно использовать несколько мер:

- **Внедрение эффективных методов орошения:** Сельское хозяйство является крупнейшим в мире потребителем пресной воды. Внедрение сложных технологий орошения, таких как капельное орошение, точное земледелие и датчики влажности почвы может помочь сократить потери воды, сохраняя при этом урожайность.
- **Переход на менее водоемкие культуры:** Фермеры могут приспособиться к изменению доступности воды, выращивая засухоустойчивые культуры, требующие меньшего орошения. Это изменение эко-

номит воду и улучшает продовольственную безопасность в странах, подверженных засухе.

- Сокращение промышленного водопользования: Для сокращения потребления воды промышленные предприятия могут использовать водосберегающие методы, такие как замкнутые системы водоснабжения, переработка сточных вод и экологически чистые технологии охлаждения.
- Содействие экономии воды в домах: Программы повышения осведомленности общественности, стимулы для использования водосберегающего оборудования и политика, мотивирующая ответственное водопользование, могут помочь минимизировать потребление воды в домашних условиях.

Заключение

Дефицит воды — растущая всеобщая проблема, требующая быстрых и эффективных решений. Поскольку изменение климата изменяет характер осадков и повышает температуру, спрос на воду будет только расти, что делает критически важным для правительств, корпораций и сообществ внедрение мер по устойчивому управлению водными ресурсами. Исследования Розы и Санджорджио подчеркивают насущную необходимость преодоления разрыва между предложением и спросом на воду путем объединения решений со стороны предложения, таких как опреснение и повторное использование воды, с методами со стороны спроса, такими как повышение эффективности орошения и меры по сохранению.

Общества могут защитить подход будущих поколений к этому важнейшему ресурсу, приняв жесткую политику и инвестируя в инновационные технологии управления водными ресурсами. Решение проблемы нехватки воды — это не просто экологическая проблема; это жизненно важно для глобальной стабильности, продовольственной безопасности и экономической устойчивости. Момент действовать — сейчас, и совместными усилиями человечество может создать устойчивое будущее, в котором вода будет доступна всем.

Таяние ледников: исследование выявило рост площади озер, но затопления происходят из-за мелких озер²

Ученые уже много лет обсуждают, подвергается ли население горных регионов растущему риску наводнений из-за талой воды, поскольку тающие ледники освобождают всё больше воды. Некоторая часть этой талой воды скапливается в ледниковых озерах по всему миру. В случае прорыва их плотин наводнения при выходе ледникового озера могут иметь катастрофические последствия для населения, проживающего ниже по течению.

Исследовательская группа из Потсдама показывает, что не только растущее количество и площадь ледниковых озер определяют риск таких наводнений. Проанализировав спутниковые снимки почти 1700 зафиксированных наводнений ледниковых озер в 13 ледниковых регионах мира за период с 1990 по 2023 гг., ученые обнаружили, что площадь ледниково-подпружных озер сократилась, в то время как площадь озер, подпруженных моренными плотинами, осталась в основном неизменной. В целом, они не выявили тенденции к увеличению размеров наводнений при выходе озер.

По словам ведущего автора, доктора Георга Веха из Института экологических наук и географии, некоторые озера со временем развили широкий сток, что позволяет рекам эффективно сбрасывать талую воду, не прорывая плотину. Другие озера, особенно в Альпах, Перу и Норвегии, были искусственно укреплены плотинами для активного использования в гидроэнергетике. Эти изменения в озерах способствуют тому, что наводнения, как правило, происходят из более мелких озер, даже несмотря на глобальное увеличение их площади.

Не все наводнения на озерах имеют одинаковую динамику. Ледниковые озера, сдерживаемые ледниковым льдом, действительно чаще прорываются из-за все более нестабильных ледяных масс. Однако такие наводнения в среднем имеют меньший масштаб, поскольку объемы этих озер сравнительно невелики. Другие озера запружены моренами, оставленными таянием ледников. В частности, в Гималаях, на Аляске и в Патагонии потенциальная опасность, которую представляют озера с моренными плотинами для населенных пунктов и инфраструктуры ниже по течению, возросла по мере увеличения их объема. Тем не менее, катастрофиче-

² Источник: Melting glaciers – Study shows growing lake areas, but flooding from smaller lakes / <https://www.preventionweb.net/news/melting-glaciers-study-shows-growing-lake-areas-flooding-smaller-lakes> Опубликовано 18.02.2025

ские наводнения, вызванные прорывами моренных озер, такие как в Индии в 2023 г., в результате которых погибло не менее 55 человек, остаются относительно редким явлением.

Авторы подчеркивают, насколько тесно связаны изменения климата, отступление ледников и стихийные бедствия, а также насколько важно постоянно отслеживать эти процессы. «Дистанционное зондирование играет здесь ключевую роль. Оно позволяет нам наблюдать за процессами в местах, которые в противном случае были бы недоступны, на больших территориях и с минимальными затратами. В нашем институте мы используем ежедневные спутниковые снимки высокого разрешения для более эффективного мониторинга роста ледниковых озер», — говорит доктор Вех. Данные в реальном времени предоставляют ценную основу для управления рисками в горных регионах, что позволяет лучше планировать меры по защите людей, дорог и электростанций.

Глобальное отступление ледников значительно ускорилось³

Международная группа исследователей при участии Грацкого технического университета (Австрия) представляет глобальную оценку потери льда с начала тысячелетия. В мировом контексте ледники в Альпах и Пиренеях тают быстрее всего.

В настоящее время в мире насчитывается около 275 000 ледников, которые содержат огромные запасы пресной воды. Однако этот резервуар все больше сокращается. С начала тысячелетия ледники по всему миру — за исключением Гренландского и Антарктического ледяных щитов — теряют примерно 273 млрд тонн льда в год. Это в пять с половиной раз больше объема Боденского озера. В целом, с 2000 г., мировые ледники потеряли около 5% своего общего объема. К такому выводу пришла международная исследовательская группа, в состав которой входит Тобиас Больт из Института геодезии Грацкого технического университета. Группа опубликовала всеобъемлющее исследование в научном журнале *Nature*.

³ Источник: Global retreat of glaciers has strongly accelerated / <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/02/250219111310.htm> Опубликовано 19.02.2025

Поразительно, что потеря льда значительно ускорилась в последние годы: во второй половине исследуемого периода (с 2012 по 2023 гг.) она была на 36% выше, чем в период с 2000 по 2011 гг.

Для своего исследования ученые собрали, гомогенизировали и проанализировали данные о ледниках из различных источников, включая полевые измерения непосредственно на ледниках, а также радарные, лазерные и гравиметрические данные, полученные в рамках многочисленных спутниковых миссий. «Мы собрали 233 оценки региональных изменений массы ледников от примерно 450 участников, организованных в 35 исследовательских групп», — поясняет Майкл Земп, руководивший исследованием.

Тобиас Больх добавляет, что данные спутников наблюдения за Землей Европейского космического агентства (ЕКА), а также от других международных космических организаций, сыграли ключевую роль в исследовании. «Анализируя эти данные, особенно измерения изменений высоты, мы смогли определить состояние ледников по всему миру», — поясняет он. Результатом стало создание уникального временного ряда ежегодных изменений массы ледников с 2000 по 2023 гг. для всех ледниковых регионов мира. Благодаря большому объему точных данных, это исследование значительно надежнее предыдущих работ по глобальным изменениям ледников, которые основывались на менее точных или неполных данных.

Повышение уровня моря на 18 мм

Потеря льда ледниками с 2000 г. привела к повышению уровня моря на 18 мм. Таким образом, таяние ледников стало вторым по величине фактором повышения уровня моря после потепления океана, значительно опередив потерю массы Гренландского и Антарктического ледяных щитов.

Сильные региональные различия

Однако не все ледниковые регионы затронуты в одинаковой степени. В то время как ледники Антарктиды и субантарктических островов потеряли всего 1,5% своей массы, наибольшие потери наблюдаются в Альпах и Пиренеях — около 39%. Тобиас Больх объясняет, что из-за своей небольшой высоты эти регионы особенно подвержены воздействию высоких температур. Кроме того, альпийские и пиренейские ледники относительно малы, что также способствует их быстрому сокращению. Ледники, как

правило, оказывают охлаждающее воздействие на микроклимат окружающей среды. Однако этот эффект выражен слабо у небольших ледников, что является еще одной причиной, по которой ледники в Альпах и Пиренеях сокращаются быстрее всего.

Уменьшение запасов талой воды в альпийских ручьях

Ценные запасы пресной воды теряются вместе со льдом ледников. Парадоксально, но это пока не заметно во многих реках мира, питаемых ледниками; объемы воды от таяния ледников в большинстве случаев фактически увеличились. Однако в будущем этот отток достигнет пика, а затем будет неуклонно снижаться. В европейских Альпах мы уже превысили этот пиковый расход. Поэтому наши ледники будут снабжать реки все меньшим и меньшим количеством воды. Это становится проблемой, особенно в более длительные засушливые периоды. Притоки ледников тогда особенно важны как постоянные поставщики воды. Этот стабилизирующий эффект все больше утрачивается.

Ценные запасы пресной воды теряются вместе с льдом ледников. Парадоксально, но это пока не сказывается на многих реках мира, питаемых ледниками: объемы воды от таяния льда в большинстве случаев фактически увеличились. Однако в будущем этот отток достигнет пика, а затем будет неуклонно снижаться. В европейских Альпах мы уже превысили этот пиковый расход, и теперь ледники будут питать реки все меньшим количеством воды. Это становится проблемой, особенно в длительные засушливые периоды, когда притоки от ледников особенно важны как постоянные источники воды. Этот стабилизирующий эффект все больше утрачивается.

Какие города уйдут под воду из-за глобального потепления⁴

Ледники по всему миру тают из-за потепления. Их исчезновение оказывает огромное влияние на уровень моря. Ведущий научный сотрудник Института географии РАН Андрей Глазовский рассказал, какие города могут уйти под воду на фоне подъема уровня Мирового океана, сообщает Zakon.kz.

Эксперт отмечает, что большинство ледников мира отстают от начала XX века. Темпы их таяния ускорились 30 лет назад, когда стала расти глобальная температура воздуха. Наиболее интенсивно тают белые шапки вершины Гималаев, Альп, Анд и гор Аляски.

Талая вода из ледников способствует повышению уровня моря, что может привести к затоплению прибрежных экосистем, таких как мангровые заросли, к засолению грунтовых вод прибрежных низменностей.

Быстрее всего лед исчезает на макушках планеты, в Арктике и Антарктике. Исследования показывают, что с 2002 по 2020 год Белый континент ежегодно терял около 140 млрд тонн льда.

Печальнее всего дела обстоят в Западной Антарктиде, где находятся два стремительно отступающих ледника – Пайн-Айленд и Туэйтса. Их называют "слабым подбрюшьем" Антарктиды, а второй из них даже прозвали "ледником Судного дня" – настолько быстро он исчезает. Каждый год ледник Туэйтса "худеет" на 80 млрд тонн, что вызывает беспокойство ученых. Подсчитано, что если он растает полностью, Мировой океан поднимется на 65 сантиметров.

А в Арктике, по словам Глазовского, температуры растут в два раза быстрее, чем в среднем по миру. Поэтому ледниковый покров Гренландии (второго по величине ледового щита на Земле) сбрасывает в океан примерно в два раза больше льда, чем Антарктида. Что касается морского арктического льда, его площадь с 1980-х годов сокращается примерно на 13% за десятилетие.

Ученый уверен, что список городов, которым грозит полное или частичное затопление из-за таяния ледников, очень большой. Он перечислил некоторые из наиболее уязвимых:

⁴ Источник: <https://www.zakon.kz/nauka/6467948-kakie-goroda-uydut-pod-vodu-izza-globalnogo-potepeniya.html> Опубликовано 21.02.2025

- Майами, США. Он уже сейчас часто переживает наводнения из-за повышения уровня моря.
- Нью-Йорк, США. Находится под угрозой из-за штормовых нагонов и повышения уровня моря.
- Шанхай, Китай. Это один из крупнейших мегаполисов мира, так что в зоне риска – миллионы людей.
- Мумбай, Индия. Еще один густонаселенный прибрежный город, которому грозит затопление.
- Венеция, Италия. Он уже давно уходит под воду и регулярно подвергается наводнениям.
- Дакка, Бангладеш. Столица этой страны уязвима как для повышения уровня моря, так и для речных наводнений.
- Джакарта, Индонезия. Считается самым быстро тонущим городом в мире. Мегаполис проседает не только из-за повышения уровня моря, но и по причине добычи подземных вод.

Кроме того, полный либо частичный уход под воду грозит таким городам, как Новый Орлеан (США), Хошимин (Вьетнам), Бангкок (Таиланд), Янгон (Мьянма), Басра (Ирак), Абадан (Иран), Дюнкерк (Франция), Гаага (Нидерланды), Амстердам (Нидерланды), Гамбург (Германия), Гданьск (Польша). Опасность нависла над огромным количеством островов и государств Тихого океана.

"По оценкам специалистов, к середине века уровень моря по сравнению с 2000 годом может подняться на 0,3-0,5 метра, в результате чего многие прибрежные города окажутся под угрозой более частых наводнений. К 2100 году при сохранении нынешних темпов он может увеличиться на 1-2 метра, что приведет к затоплению еще больших территорий и переселению сотен миллионов людей", – ответил ученый на вопрос АиФ о том, когда это может произойти.

Ученые предсказали начало следующего ледникового периода⁵

Международная группа ученых проанализировала климатические циклы Земли за последний миллион лет и предсказала, что следующий ледниковый период начнется примерно через 10 тысяч лет.

Однако влияние антропогенных выбросов углекислого газа может изменить этот естественный ход событий. Работа опубликована в журнале Science, передает media.az

Исследователи проанализировали изменения в орбите Земли вокруг Солнца. Эти колебания вызывают глобальные климатические сдвиги, чередование ледниковых и межледниковых периодов.

«Мы обнаружили закономерность в изменениях климата за последний миллион лет, связанную с параметрами орбиты Земли, ее наклоном и прецессией», — объяснила профессор Лоррейн Лисецки. — «Одни из этих изменений способствуют завершению ледниковых периодов, другие — их началу».

По словам ведущего автора исследования, профессора Стивена Баркера, удивительно, что эта закономерность не была замечена ранее. Его команда изучила колебания климата, соотнеся их с изменениями орбиты, и установила цикл появления и исчезновения ледниковых периодов.

Согласно естественному климатическому циклу, сейчас Земля должна находиться в стабильном межледниковом периоде, а новый ледниковый период ожидается примерно через 10 тысяч лет. Однако ученые подчеркивают, что выбросы углекислого газа уже изменили естественный климатический баланс.

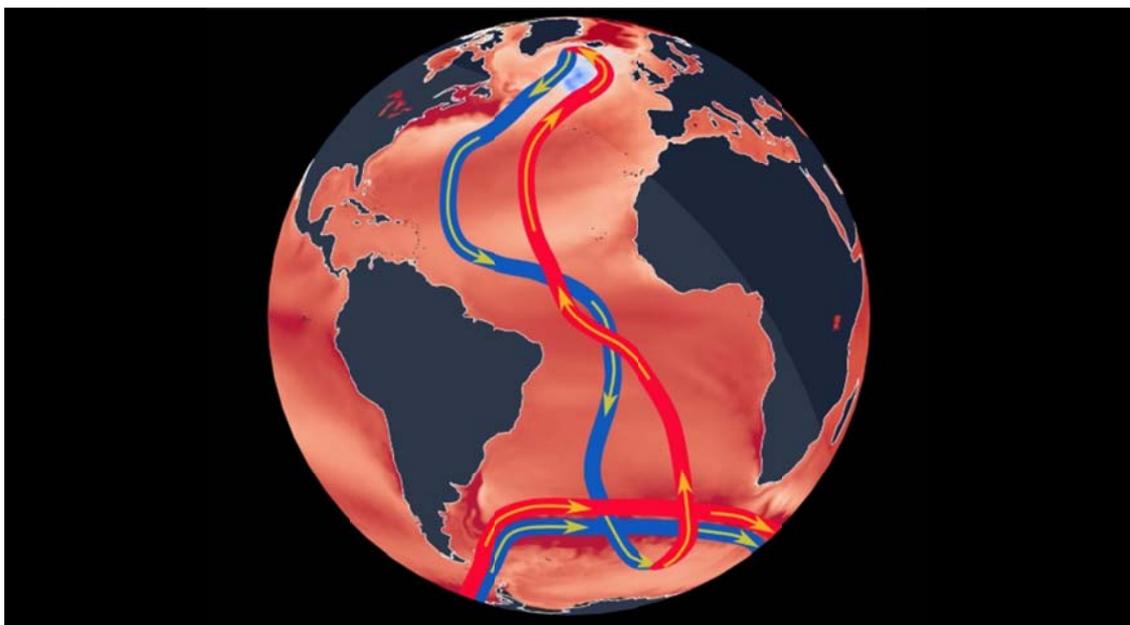
«Выбросы CO₂ уже вывели климат с его естественного пути, и это будет иметь долгосрочные последствия», — отметил соавтор исследования доктор Грегор Кнорр.

Теперь исследователи планируют создать базовую модель естественного климата Земли на ближайшие 10–20 тысяч лет, которая поможет точнее оценить влияние антропогенных факторов. Это станет важным инструментом для прогнозирования будущих климатических изменений и принятия решений по сокращению выбросов парниковых газов.

⁵ Источник: <https://point.md/ru/novosti/nauka/uchenye-predskazali-nachalo-sleduiushchego-lednikovogo-perioda/> Опубликовано 1.03.2025

Ученые открыли защитный механизм Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции⁶

Полный коллапс Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции в XXI веке маловероятен, поскольку ее поддерживает верхняя циркуляционная ячейка в Южном океане. Ветры над ним в ближайшем будущем только усилятся, что не позволит циркуляции совсем остановиться. Тем не менее десятки моделей при разных сценариях предсказывают однозначное ослабление АМОЦ — вплоть до 80 %. Такие прогнозы опубликованы в журнале Nature.



Атлантическая меридиональная опрокидывающая циркуляция (АМОЦ) — система поверхностных и термохалинных океанических течений в Атлантическом океане, которая приносит до 25 процентов тепла в северное полушарие, а также является важнейшим поглотителем углекислого газа в нем. Поскольку частью этой циркуляции является Гольфстрим, чаще всего о ней говорят в контексте европейского климата: считается, что ослабление циркуляции может способствовать резкому похолоданию, особенно в странах Северной Европы. Подробнее об этом можно прочесть в

⁶ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/02/26/amoc-withstanding> Опубликовано 26.02.2025

нашем материале «Атлантическая циркулярка». Климатические модели дают большие разбросы в оценках ослабления АМОЦ — например, в недавнем исследовании периодом ее коллапса названы 2025-2095 годы.

Ученые под руководством Джона Бейкера (Jon Baker) из Метеорологической службы Британии исследовали связь между устойчивостью АМОЦ и апвеллингом (подъемом холодных вод с глубины океана) в нескольких точках. Как правило, прогностическое моделирование Атлантической циркуляции опирается на север Атлантики и среднюю температуру его вод, потому что распреснение этих вод таянием арктических льдов — важнейший фактор ослабления АМОЦ.

Авторы же сосредоточились на силе западного ветра над Южным океаном и диффузии вод в Атлантическом и Индо-Тихоокеанском регионах, которые определяют три основных пути апвеллинга. Циркуляция неспроста именно «опрокидывающая»: наличие устойчивого вертикального оборота воды определяет все ее существование. Ученые учитывали два возможных сценария — резкий рост концентрации углекислого газа в атмосфере (в четыре раза) и экстремальное таяние льдов на севере Атлантики, то есть распреснение вод.

Все 34 модели проекта CMIP6 показали однозначное ослабление АМОЦ в течение XXI века при любых сценариях на величину от 20 до 81 %. Тем не менее, авторам удалось вычленилть внутри АМОЦ естественный защитный механизм, который они описали как Тихоокеанскую опрокидывающую меридиональную циркуляцию (ТОМЦ). Она проявляется в реверсировании антициклонического завихрения вод в Индо-Тихоокеанском регионе. ТОМЦ формируется в 91 % моделей при сценарии с четырехкратным ростом концентрации углекислого газа и в 86 % моделей при сценарии с выбросом пресных вод на севере Атлантики.

Тихоокеанская циркуляция усиливает верхнюю ячейку в Южном океане, что позволяет предотвратить полный коллапс АМОЦ, хотя и не помогает избежать ее существенного ослабления. Учитывая, что в будущем прогнозируются более сильные ветра над Южным океаном, то есть условия поддержания ТОМЦ будут устойчивыми, остановка Атлантической циркуляции в XXI веке маловероятна. Тем не менее авторы отметили, что для более точных исследований ее состояния важно уделять больше внимания изменению океанической циркуляции за пределами Атлантики.

Ослабление АМОЦ повлияет не только на климат Европы. Недавно благодаря анализу пыльцы из морских отложений стало известно, что 18 тысяч лет назад амазонские леса в аналогичной ситуации подверглись сильным засухам и пожарам, но тогда они еще не испытывали современно-

го антропогенного стресса. В ближайшем будущем ослабление АМОЦ может привести уже к их необратимой деградации.

Ученые сопоставили циклы ледниковых периодов с орбитальными сдвигами⁷

Новое исследование, опубликованное в журнале Science, предлагает свежий взгляд на климатические циклы Земли, связанные с ледниковыми и межледниковыми периодами.

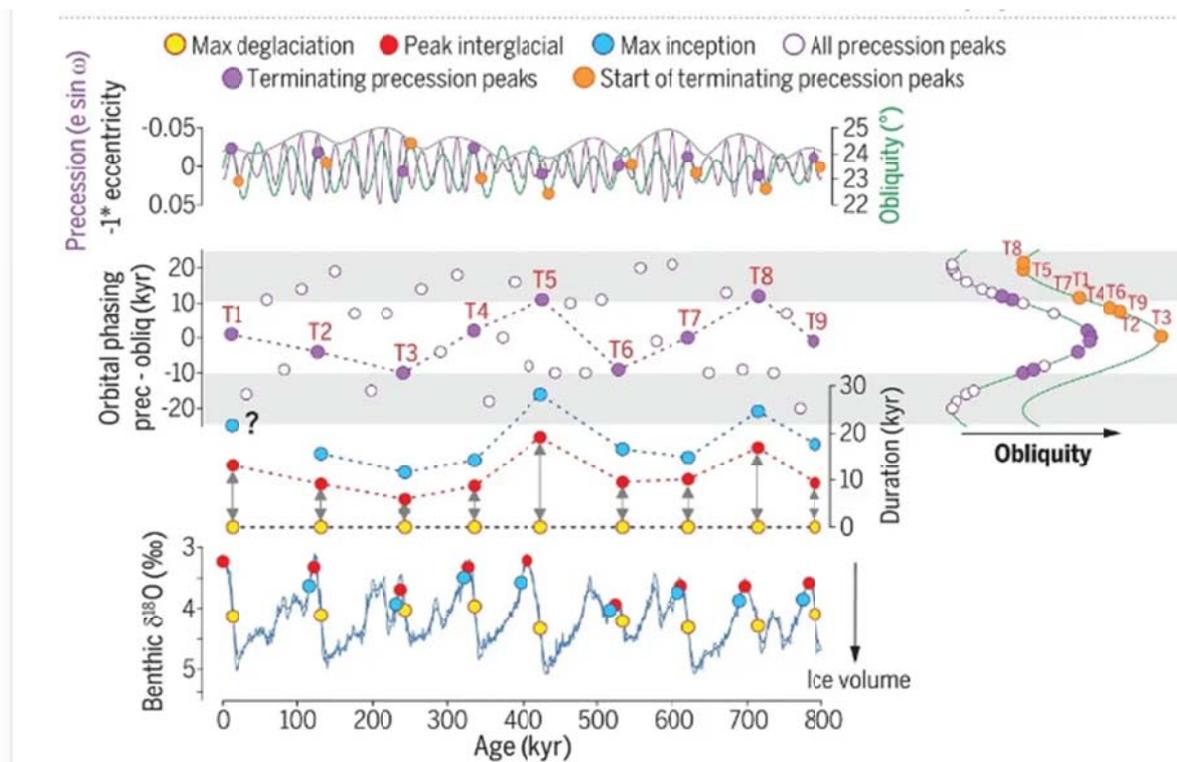
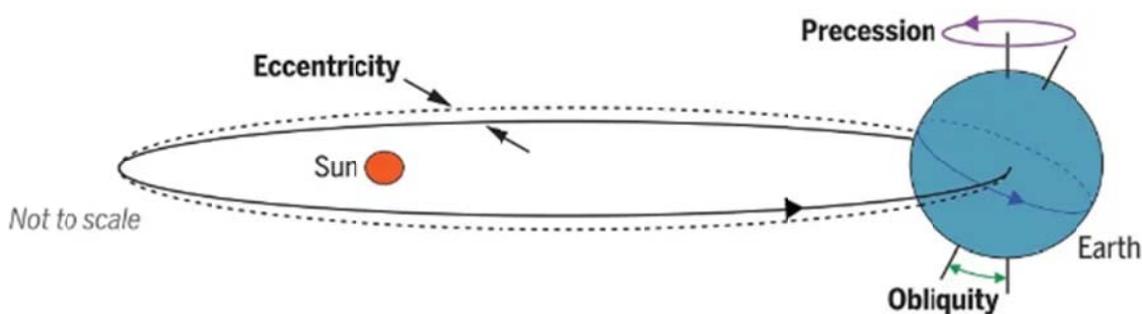
Ученые из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре и других институтов проанализировали миллион лет климатических изменений, чтобы понять, как небольшие изменения в орбите Земли вокруг Солнца влияют на глобальный климат. Они обнаружили, что эти изменения, включая колебания формы орбиты, наклона оси и прецессии, приводят к предсказуемым циклам оледенений и потеплений.

Исследование показало, что за последние 900 000 лет каждый ледниковый период следовал определенной схеме, связанной с орбитальными параметрами.

Ученые пришли к выводу, что в отсутствие антропогенного влияния следующий ледниковый период наступил бы примерно через 10 000 лет. Однако выбросы парниковых газов, вызванные деятельностью человека, уже изменили естественный ход климатических процессов, что может отсрочить или даже предотвратить наступление следующего оледенения.

Авторы исследования подчеркивают, что их работа позволяет лучше понять долгосрочные климатические циклы и создает основу для прогнозирования будущих изменений климата. Это особенно важно для оценки долгосрочных последствий антропогенного воздействия на климат.

⁷ Источник: <https://ab-news.ru/uchenyje-sopostavili-czikly-lednikovyh-periodov-s-orbitalnymi-sdvigami/>
Опубликовано 28.02.2025



Морфология ледниковых циклов отражает геометрию орбиты Земли. Изменения в продолжительности межледниковья определяются дегляциальной фазой (двунаправленные серые стрелки), которая является функцией фазирования между прецессией и наклоном. Окончание ледникового периода начинается с первым пиком прецессии, когда наклон увеличивается после минимума эксцентриситета. Затем следует начало ледникового периода со следующим уменьшением наклона.

Ученые планируют использовать полученные данные для калибровки климатических моделей, что поможет более точно прогнозировать изменения климата на следующие 10 000 – 20 000 лет.

Исследование подтверждает, что естественные климатические циклы Земли в значительной степени предсказуемы, что по их мнению, открывает

новые возможности для принятия обоснованных решений по сокращению выбросов парниковых газов и смягчению последствий глобального потепления.

Климатолог Чжэнь Ли: глобальное потепление грозит Земле катастрофой⁸

Профессор Чжэнь Ли из Пекинского института климатологии представил тревожный прогноз о будущем нашей планеты. По его словам, Земля находится на грани необратимых климатических изменений, которые могут привести к глобальной экологической катастрофе.

Точка невозврата может быть достигнута уже через 40-50 лет, если человечество не примет радикальные меры по снижению выбросов парниковых газов.

Исследование Ли основано на анализе данных за последние 200 лет, включая сведения о температуре воздуха, уровне мирового океана и концентрации углекислого газа в атмосфере. Ученый использовал передовые методы компьютерного моделирования для прогнозирования возможных сценариев будущего.

Исследователь прогнозирует ряд катастрофических последствий, среди которых повышение уровня мирового океана на 2-3 метра к 2070 году, а также увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений.

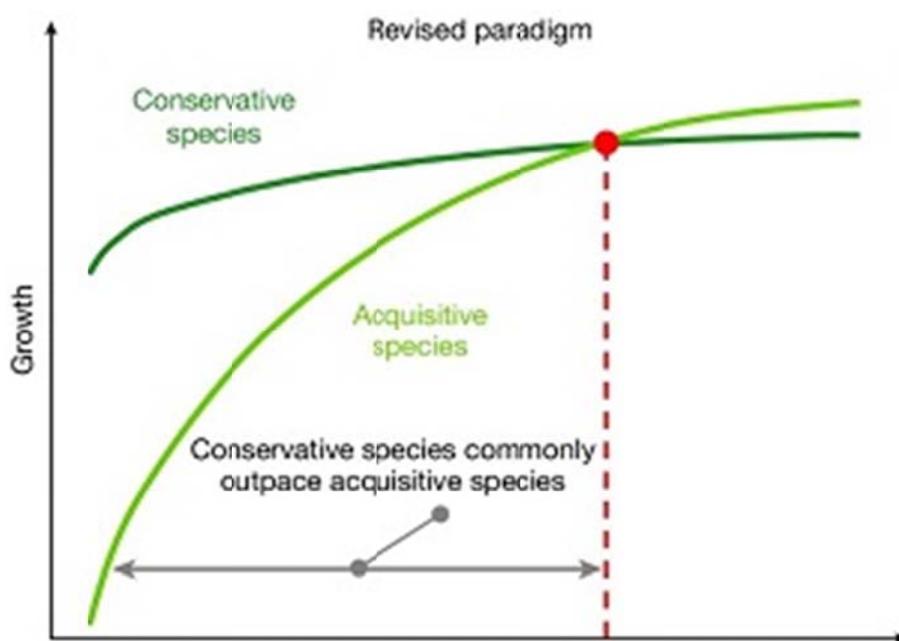
Профессор Ли акцентирует внимание на необходимости глобальных усилий по сокращению выбросов парниковых газов.

Он считает, что необходимо радикально пересмотреть текущие подходы к энергетике, промышленности и сельскому хозяйству. По его словам, только совместные действия могут предотвратить грядущую катастрофу.

⁸ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/128348.html> Опубликовано 17.03.2025

Ученые усомнились в пользе быстрорастущих деревьев для смягчения климата⁹

Быстрорастущие виды деревьев в природных лесах оказались не такими эффективными поглотителями углерода, как местные виды: они медленнее растут, развивают меньшую площадь листьев и имеют менее плотную древесину. Эксперименты с их выращиванием в теплицах и ботанических садах оказались слабо применимы к жизни, поэтому для смягчения последствий изменения климата лучше поддерживать местное биоразнообразие лесов. Такие выводы содержит исследование, опубликованное в журнале Nature.



Если охранять уже существующие экосистемы или расширять их, то есть применять природно-климатические решения, можно смягчить последствия глобального изменения климата. В основе таких решений лежит способность растений к фотосинтезу, благодаря которой они могут ассимилировать углерод воздуха в своих тканях и надолго выводить его из круговорота. Чтобы как можно скорее достичь охлаждающего климатического эффекта, люди стремятся высаживать быстрорастущие деревья. В за-

⁹ Источник: <https://ekois.net/uchenye-usomnilis-v-polze-bystrorastushhih-derevev-dlya-smyagcheniya-klimata/> Опубликовано 22.03.2025

висимости от природно-климатической зоны к ним относят, например, тополя, ивы, осины или эвкалипты.

Ученые под руководством Лорана Аугусто (Laurent Augusto) из Национального института сельскохозяйственных исследований в Бордо изучили, насколько эффективны быстрорастущие виды деревьев для смягчения последствий изменения климата по сравнению с местными («консервативными») деревьями. Они использовали данные о высоте деревьев, скорости их роста, накопленной биомассе и прочих функциональных признаках из четырех наборов лесных участков с 223 видами деревьев — от природных экосистем в тропиках до управляемых ботанических садов на атлантическом побережье Европы.

Оказалось, что быстрорастущие виды накапливали биомассу быстрее местных только в условиях теплого влажного климата в сочетании с высоким почвенным плодородием. Подобные оптимальные условия легко достигались в тепличных экспериментах, но редко наблюдались в природных экосистемах. Местные виды деревьев, напротив, обладали большей удельной площадью листьев, длиной корней, более высокими содержаниями азота и фосфора, большей максимальной фотосинтетической способностью и плотностью древесины. В итоге сохранение лесов с местными видами и посадка новых аналогичных деревьев оказалась более эффективным решением, чем лесоклиматические проекты с быстрорастущими видами.

Предыдущие исследования также показали, что важно не только отдавать предпочтение местным видам, но и беречь старовозрастные леса, хотя из-за медленного прироста от них традиционно не ожидают активного депонирования углерода атмосферы. Их глубокие сети корней могут добираться до резервов влаги и спасти экосистемы во время засух, а молодая тайга, напротив, оказывается уязвимой к засухам из-за неокрепшего подлеска и травянистого покрова.

Экстремальные колебания температуры рек: данные из открытых источников выявляют неожиданные закономерности¹⁰

Недавнее исследование выявило значительные колебания температуры речной воды на территории США. Особенно нестабильные изменения наблюдаются на реках, регулируемых плотинами, где температура воды меняется чаще и менее предсказуемо.

Анализ был основан на общедоступных национальных данных Геологической службы США. Эти сведения играют ключевую роль в изучении изменений окружающей среды в разных регионах и со временем, особенно в условиях глобального потепления и возрастающего антропогенного влияния.

В рамках исследования ученые использовали 15-летний массив данных о температуре речной воды с высоким пространственным разрешением, проведя первый в своем роде анализ на глобальном уровне. В отличие от традиционных исследований, сосредоточенных на экстремальных или средних значениях температуры, авторы изучили динамику температурных изменений. Этот подход позволяет лучше понять, насколько быстро организмы могут адаптироваться к новым условиям или находить безопасные места для выживания.

Доктор Джеймс С. Уайт из Бирмингемского университета отметил, что полученные результаты позволяют глубже понять динамику быстрых изменений температуры речной воды. Он подчеркнул, что эти данные помогут будущим исследованиям выяснить, каким образом различные источники воды и климатические условия влияют на вероятность и характеристики подобных явлений. Ученый также указал, что представленные в исследовании доказательства имеют решающее значение для разработки более эффективных стратегий управления окружающей средой. В частности, речь идет о таких мерах, как контроль сбросов воды через плотины или озеленение берегов рек, что приобретает все большую важность в условиях изменения климата.

Недавнее исследование, опубликованное в журнале *Environmental Research*, выявило распространенность быстрых температурных колеба-

¹⁰ Источник: River water temperatures swing hot to cold: open-source data reveals surprising patterns / <https://smartwatermagazine.com/news/university-birmingham/river-water-temperatures-swing-hot-cold-open-source-data-reveals> Опубликовано 25.03.2025

ний: на 88 из 102 обследованных станций было зафиксировано 6507 случаев резкого повышения и 4787 случаев резкого понижения температуры воды.

Одним из наиболее удивительных открытий стало то, что как повышение, так и понижение температуры воды варьировались в широком диапазоне — от почти замерзающих значений до свыше 40 °С в некоторых геотермальных районах. Исследователи отметили случаи, когда температура воды изменялась более чем на 18 °С в рамках одного события, что превышает ранее зафиксированные экстремальные тепловые сдвиги по всему миру.

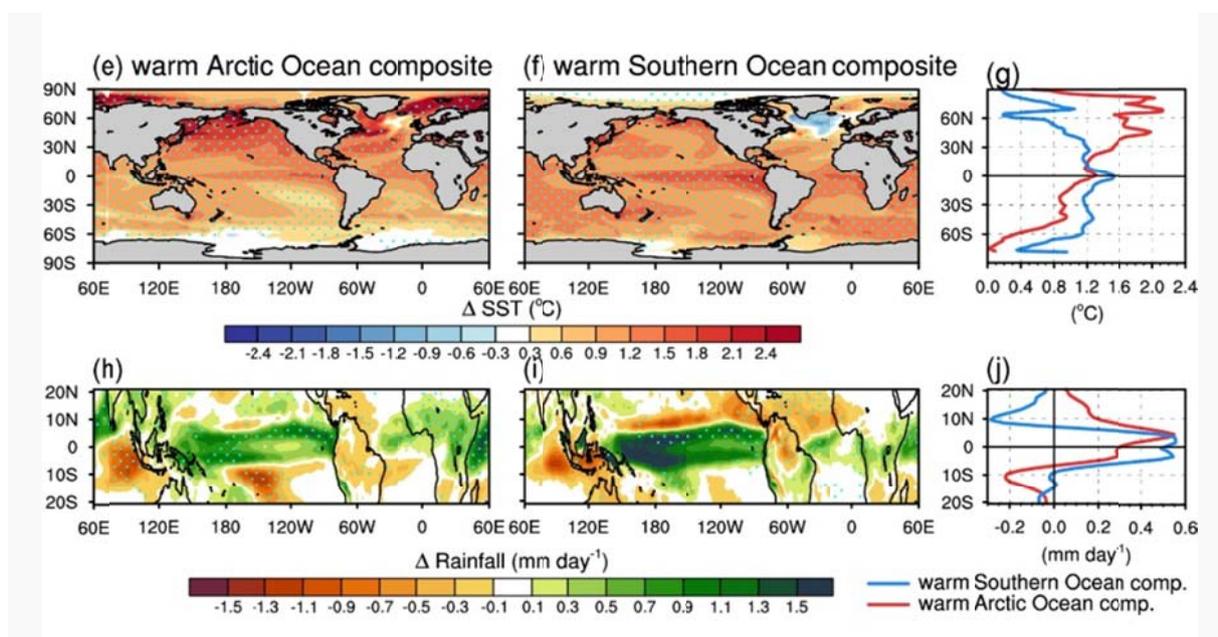
Кроме того, ученые сообщили о значительных региональных различиях в температурных колебаниях рек на территории США. Они указали, что в западных штатах, таких как Калифорния и Орегон, подобные изменения происходят реже. В этих регионах подъемы и спады уровня воды в основном были связаны с засухами и тепловыми волнами.

В отличие от западных регионов, быстрые температурные изменения оказались более распространены в бассейне реки Верхний Колорадо, расположенном в центрально-западной части США. Исследователи предполагают, что на это повлияла комбинация высокой засушливости и таяния горных снегов. Частые скачки и падения температуры также наблюдались в юго-восточных штатах, таких как Флорида и Джорджия, что, вероятно, связано с регулярными штормовыми явлениями.

Профессор гидрологии и заведующий кафедрой ЮНЕСКО по водным наукам в Университете Бирмингема Дэвид Ханна отметил, что использование долгосрочных данных национального масштаба позволило продемонстрировать широкую распространенность температурных скачков и падений в речных системах. Он подчеркнул, что исследование помогло выявить реки, наиболее подверженные резким температурным колебаниям. По его словам, это является важным шагом на пути к точному определению мест и периодов, в которых следует применять меры для смягчения таких изменений, чтобы защитить уязвимые водотоки и повысить их климатическую устойчивость.

Потепление Южного океана изменит тропические осадки¹¹

Несмотря на то, что Арктика нагревается быстрее Антарктики, потепление Южного океана может оказывать не меньшее влияние на выпадение осадков в тропических широтах и нивелировать смещение внутритропической зоны конвергенции на север. При этом будет наблюдаться увеличение числа осадков на северо-востоке Бразилии и, напротив, повышенный риск засух в саваннах к югу от Сахары. Об этом говорится в исследовании, опубликованном в журнале Nature Communications.



Изменение климата сопровождается эффектом полярного усиления: в Арктике и Антарктике потепление происходит заметно быстрее, чем в среднем по миру. С конца 1970-х Арктика потеряла уже половину летнего морского льда, а температура воздуха в ней росла в два—четыре раза быстрее, чем в остальном мире. Климат Антарктиды и омывающего ее Южного океана казался более стабильным: температуры там росли медленнее, а протяженность морского льда в течение четырех десятилетий до 2014 года даже несколько возросла. Но за этим последовало резкое таяние льдов, которое в течение нескольких лет недооценивали, поскольку на

¹¹ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/04/03/southern-ocean-warming> Опубликовано 3.04.2025

спутниковых снимках было трудно отличить лед от снежной каши. Встал вопрос о том, действительно ли Антарктика нагревается так медленно, что почти не оказывает влияния на глобальный климат.

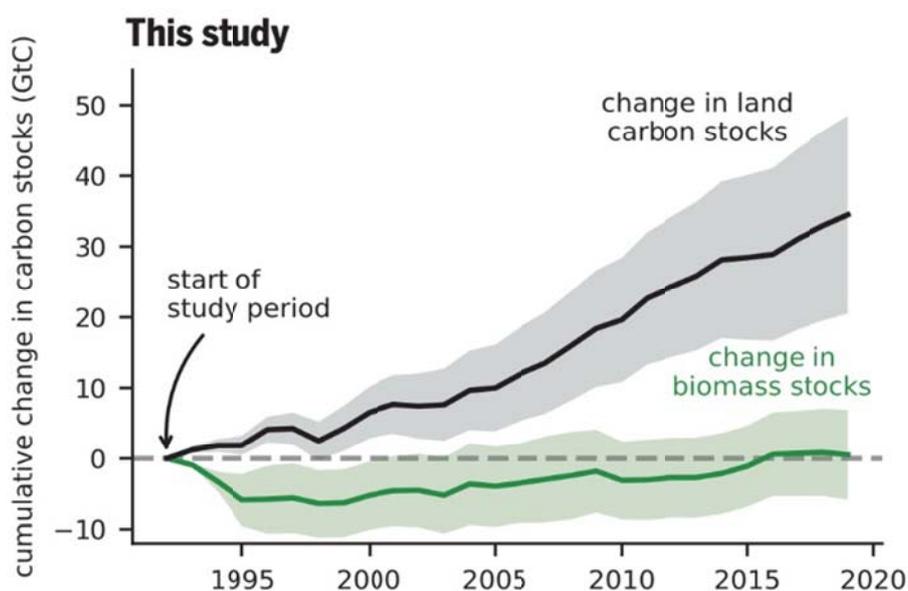
Ученые под руководством Хейн Чжон из Ханьянского университета исследовали связь между потеплением Южного океана и глобальным изменением климата, уделив особенное внимание осадкам в тропических широтах. Между тропиками северного и южного полушарий вдоль экватора находится широкая полоса повышенного выпадения осадков — внутритропическая зона конвергенции. Потепление Южного океана способно сдвинуть эту полосу на юг, а еще оно меняет потоки тепла и распределение атмосферного давления над всей планетой. Исходя из этого, авторы симулировали рост температуры морской поверхности в Южном океане в моделях CMIP6 и проверяли его влияние на выпадение осадков, а также сравнили его с аналогичными последствиями нагрева Арктики.

Моделирование показало, что повышение температуры Южного океана на градус Цельсия может влиять на осадки в тропиках так же сильно, как повышение температуры в Арктике на полтора градуса. Прогнозы смещения внутритропической зоны конвергенции на север при этом могут оказаться ошибочными, потому что потепление Антарктики будет оттягивать ее на юг: при росте температуры морской поверхности на полтора градуса такое действие уравновесит противодействие Арктики, несмотря на то, что она нагревается быстрее. При этом потепление Южного океана увеличит количество осадков в северо-восточной Бразилии, но одновременно повысит риск засух в регионе Сахель (полоса саванн к югу от пустыни Сахара). Авторы отметили, что прогнозы распределения осадков и региональные гидрологические циклы важно пересмотреть с учетом более серьезного, чем считалось ранее, влияния потепления Южного океана на тропический климат.

Потепление Антарктики имеет последствия не только для удаленных от нее тропических широт, но и для непосредственно для Южного океана. Недавно ученые обнаружили, что на фоне таяния морского льда и рекордных теплотерь в 2023 году там участились шторма — на отдельных участках штормовых дней стало больше на неделю в месяц. В будущем такие изменения могут усилиться.

Большая часть наземного углерода оказалась мертвым веществом¹²

С 1992 по 2019 годы экосистемы суши накопили 35 ± 14 миллиардов тонн углерода, из которых на живое вещество пришлось лишь 1 ± 7 миллиардов тонн, а весь остальной углерод оказался заключен в мортмассу. Это означает, что прежние оценки эффективности живых организмов (преимущественно деревьев в лесах) как хранителей углерода могут быть завышены в 20 раз. Об этом говорится в исследовании, опубликованном в журнале Science.



Экосистемы суши нивелируют климатический эффект приблизительно трети антропогенных выбросов парниковых газов, запасая углерод в живых организмах и мертвом веществе. Депонирование углерода в наземных экосистемах может усилиться, поскольку повышение концентрации углекислого газа в воздухе должно стимулировать фотосинтез. Но на деле тенденции часто оказываются противоположными: например, в лесах Индии за последние 20 лет на фоне потепления общая площадь листьев выросла на 18,5 процента, а чистая продуктивность лесов при этом снизилась на 6,19 процента. Также одновременно с повышением производитель-

¹² Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/03/31/nonliving-pools> Опубликовано 31.03.2025

ности растений может расти и их смертность. Из-за сложностей во взаимном соотношении дыхания, фотосинтеза и смертности углеродный баланс экосистем суши остается во многом неопределенным.

Ученые под руководством Йинона Бар-Она из Калифорнийского технологического института оценили накопление углерода, которое происходило в наземных экосистемах в течение последних 25 лет. Они использовали данные из пяти наборов дистанционного зондирования и двух наборов наземной инвентаризации растительной биомассы, а также литературные данные с оценками механизмов, которые ответственны за накопление мортмассы — почвенной эрозии, захоронения углерода в озерных отложениях, образования торфа и заготовки древесины. Вклад мертвого вещества авторы рассчитали как разницу между общим приростом углерода суши и изменениями его запасов в живой биомассе.

Оказалось, что с 1992 по 2019 годы наземные экосистемы накопили примерно 35 ± 14 миллиардов тонн углерода, что согласуется с прежними оценками о поглощении порядка 30 процентов антропогенных выбросов парниковых газов. При этом на живое вещество пришлось лишь 1 ± 7 миллиардов тонн, и это означает, что порядка 34 миллиардов тонн хранится в мортмассе — органическом веществе почвы, донных отложениях и различных видах детрита. Предыдущие оценки, основанные на динамических глобальных моделях растительности (DGVMs), приписывали до 70 % углерода суши именно живой биомассе, и авторы подчеркнули, что это противоречит обработанным ими данным наблюдений. Согласно результатам исследования, сложившиеся на текущий момент оценки депонирования углерода в живой растительности могут оказаться завышенными приблизительно в 20 раз.

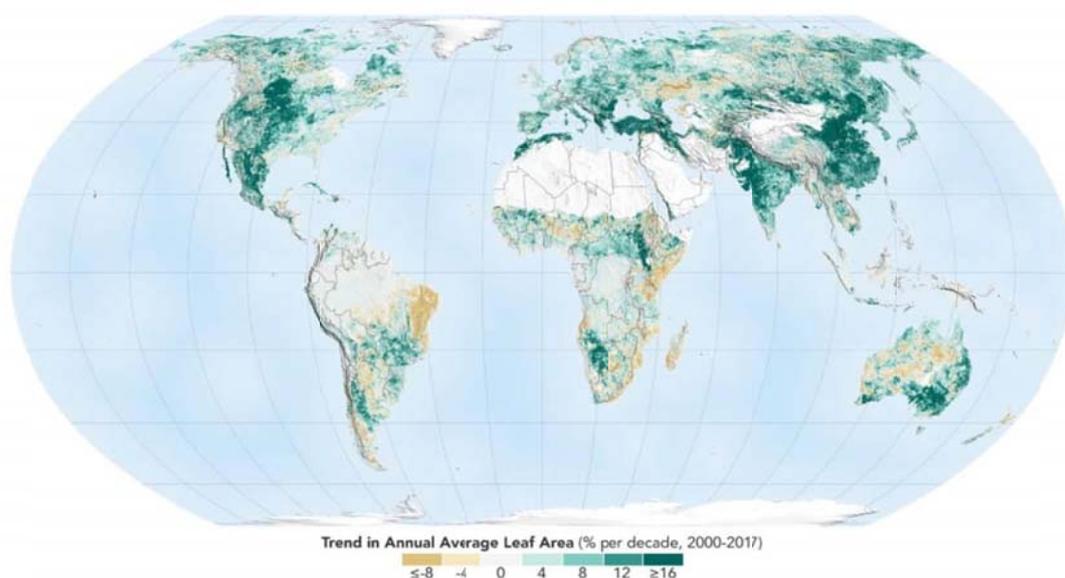
Больше всего углерода за охваченный период накопилось в России, Европе, Северной Америке и Восточной Азии, а лидером по его потерям стала Южная Америка. Главными механизмами, ответственными за накопление углерода в мортмассе, ученые назвали захоронение углерода в отложениях на дне естественных и искусственных водоемов и водно-болотных угодьях, а также антропогенную деятельность — захоронение углеродоемких материалов на свалках, заготовку древесины и производство изделий из дерева, перекрытие рек плотинами и создание искусственных водохранилищ. В целом это говорит о большей устойчивости углерода суши, чем считалось ранее, поскольку продолжительность его пребывания в мертвом веществе приблизительно в пять раз дольше, чем в живом. Ученые отметили, что для улучшения климатических моделей в них потребуется включить более точные механизмы перераспределения углерода, и что деятельность человека по управлению отходами и созданию гидросооружений может оказывать большее воздействие на климат, чем считалось ранее.

Создание искусственных водоемов стимулирует не только накопление углерода в составе донных отложений, но и его разложение, а значит и выбросы метана. Чтобы снизить такие выбросы, можно размещать на поверхности водохранилищ плавучие солнечные электростанции. В будущем они позволят увеличить суммарную выработку электро-энергии и компенсировать практически половину выбросов парниковых газов из таких водоемов.

Факторы воздействия

Озеленение Земли в XXI веке будет намного сильнее, чем считалось¹³

Площадь листьев на планете в последние полвека значительно выросла из-за антропогенных выбросов CO₂ и глобального потепления. Теперь группа ученых показала, что этот рост до 2100 года будет существенно быстрее, чем полагали. Это серьезно повлияет и на гидрологический баланс по всему миру.



Карта глобального озеленения Земли в начале XXI века

Советский климатолог Михаил Будыко около полувека назад прогнозировал, что выбросы углекислого газа и вызванное ими потепление приведут к озеленению всей планеты. Такой вывод критиковали западные ученые той эпохи.

¹³ Источник: <https://naked-science.ru/article/climate/ozelenenie-zemli-v-xxi-ve> Опубликовано 5.03.2025

К нулевым годам XXI века прогноз Будыко подтвердили спутниковые снимки, на которых площадь листьев энергично увеличивалась. Однако тут же появилось множество научных работ, авторы которых стремились показать, что это явление временное и уже скоро озеленение закончится или даже развернется вспять. К 2020-м стало ясно, что все эти предсказания не сбылись: озеленение продолжается с неослабевающим темпом.

Авторы нового исследования, опубликованного в журнале *One Earth*, попытались учесть новые наблюдения и все же выяснить, насколько энергичным будет глобальное озеленение в этом веке. В качестве индикатора процесса они выбрали индекс площади листьев, учитывающий, насколько изменяется общая площадь зеленой поверхности (индекс не учитывает нижних сторон листьев). Для расчетов взяли ансамбль климатических моделей CMIP6.

Исходно, до уточняющих расчетов, модели ансамбля давали разные показатели по силе озеленения в 2015-2100 годах. В одной модели оно обращалось вспять, в другой — усиливалось.

Исследователи смогли существенно уточнить эти данные. Они показали, что средняя площадь листьев в мире будет расти со скоростями не ниже 0,01 квадратного метра листьев на один квадратный метр суши каждые 10 лет даже в самой консервативной модели. В остальных моделях прирост был в два-четыре раза быстрее этого значения.

Это очень большая величина. В России, одном из лидеров нынешнего глобального озеленения, в 2000-2017 годах спутниковые снимки зафиксировали рост площади листьев лишь на 0,024 квадратного метра на один квадратный метр суши за 10 лет. Получается, мир в целом в большинстве моделей CMIP6 будет озеленяться так же быстро, как Россия, активно растающая деревьями.

Причем, как отметили исследователи, столь энергичный прирост будет наблюдаться практически независимо от изменения площади земель, занятых под сельское хозяйство (например, вырубок в Амазонии и так далее). По словам ученых, скорость глобального озеленения в тропических джунглях в целом будет существенно выше среднепланетарной. Ситуация в джунглях особенно важна, поскольку в них проживает подавляющее большинство всех видов.

Исследователи напомнили, что до их работы научное сообщество, опираясь на существовавшие климатические модели, недооценивало скорость будущего глобального озеленения в XXI веке — в среднем на 28-32%.

Причины недооценки были разными. Например, некоторые модели предполагали, что выбросы углекислого газа к 2050 году доведут практически до нуля. Хотя такие планы есть у стран Европы, для планеты в целом этот сценарий нереалистичен. Другие модели неполно отражали влияние CO₂ на растения.

Высокие темпы быстрого глобального озеленения нужно учитывать при расчете будущей доступности воды в разных регионах. Как известно, при глобальном потеплении количество осадков растет, что и наблюдается еще с XX века. Однако по оценкам из нового исследования получается, что рост доступности пресной воды на планете переоценен на 30-48%. Ведь растительные экосистемы из-за ускоренного озеленения будут испарять через листья существенно больше воды, чем ожидали ранее.

Изменяющийся климат угрожает спутникам на орбите — инженеры¹⁴

Если не принять мер сейчас, столкновения космического мусора вызовут цепную реакцию обломков и мы не сможем запускать и пользоваться спутниками.

Исследование инженеров MIT, опубликованное в Nature Sustainability, показало, что выбросы парниковых газов изменяют плотность верхних слоев атмосферы, что со временем приведет к увеличению космического мусора и снижению числа спутников, которые могут безопасно функционировать.

Как так происходит?

Парниковые газы нагревают нижние слои атмосферы, но в верхних слоях — в частности, в термосфере — они, наоборот, вызывают охлаждение и сжатие. Это уменьшает плотность воздуха, а значит, ослабляет атмо-

¹⁴ Источник:

https://naukatv.ru/news/izmenenie_klimata_privedet_k_sokrascheniyu_chisla_sputnikov_kotorye_mogut_bez_opasno_vraschatsya_v_kosmose Опубликовано 1.03.2025

сферное сопротивление, которое помогает спутникам и мусору сгорать в атмосфере. В результате объекты на орбите остаются там дольше, создавая риск столкновений.

Вот к каким выводам пришли ученые:

- К 2100 году количество спутников, которые могут безопасно работать на низкой околоземной орбите (до 2000 км), может сократиться на 50-66%.
- Уже сегодня на этой высоте находятся более 10 000 спутников, их число стремительно растет за счет мегасозвездий, таких как Starlink от SpaceX.
- Если ничего не менять, столкновения могут вызвать эффект Кесслера — это ситуация, когда космический мусор на орбите Земли начинает сталкиваться друг с другом, создавая еще больше обломков, вызывая цепную реакцию. В результате атмосфера станет непригодной для работы спутников.

«Наше влияние на количество парниковых газов здесь, на Земле, влияет на то, как мы сможем использовать спутники в течение следующих 100 лет», — говорит Ричард Линарес, соавтор исследования

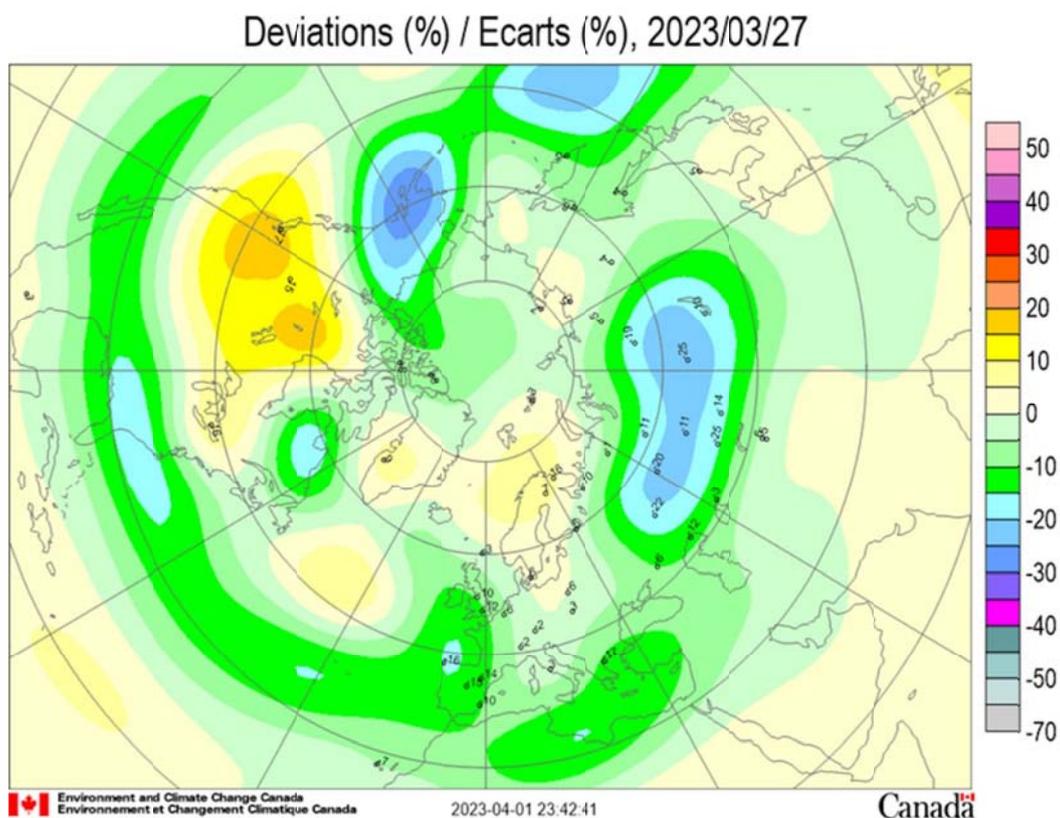
Исследование подчеркивает необходимость как контроля выбросов, так и разработки новых стратегий управления спутниками. Ученые призывают к более строгому регулированию запуска космических аппаратов и активным мерам по удалению мусора.

«Атмосфера помогает естественным образом избавляться от космического мусора. Но если ее свойства будут также изменяться, проблема мусора на орбите только усугубится», — поясняет ведущий автор Уильям Паркер.

Исследование: озоновая дыра закрывается¹⁵

Озоновый слой Антарктиды восстанавливается, что является прямым результатом глобальных усилий по сокращению выбросов веществ, разрушающих защитный барьер планеты. Об этом говорится статье в журнале Nature.

Эти обнадеживающие результаты получены исследовательской группой под руководством Массачусетского технологического института (MIT)



*Аномалии общего содержания озона в Северном полушарии
27 марта 2023 г. (Уральский меридиан проходит
через Аральское море)*

¹⁵ Источник: <https://rossaprimavera.ru/news/89685e9f> Опубликовано 6.03.2025

Ученые уже наблюдали признаки восстановления озонового слоя в прошлом. Однако новое исследование впервые с высокой статистической достоверностью показало, что это восстановление обусловлено в первую очередь сокращением выбросов веществ, разрушающих озоновый слой, а не другими факторами, такими как естественная изменчивость погоды или увеличение выбросов парниковых газов в стратосферу.

«Существует множество качественных данных, показывающих, что озоновая дыра над Антарктидой сокращается. Но это действительно первое исследование, которое количественно определяет уверенность в том, что озоновая дыра восстанавливается», — отмечает автор исследования Сьюзан Соломон.

«Суть в том, что с 95% уверенностью она восстанавливается. Что потрясающе. И это показывает, что мы действительно можем решить экологические проблемы».

В своем новом исследовании авторы применили количественный подход для определения причины восстановления озонового слоя Антарктиды. Они позаимствовали метод у сообщества по изменению климата, известный как «фингерпринтинг», который был разработан Клаусом Хассельманном, лауреатом Нобелевской премии по физике 2021 года.

В контексте климата «фингерпринтинг» относится к методу, который изолирует влияние определенных климатических факторов. Хассельманн применил метод для выявления, подтверждения и количественной оценки антропогенного следа изменения климата. Соломон и соавтор исследования Пейдон Ван попытались применить этот же метод для выявления другого антропогенного сигнала: влияния сокращения человеком выбросов озоноразрушающих веществ на восстановление озоновой дыры.

«В атмосфере наблюдается действительно хаотическая изменчивость», — говорит Соломон. «Мы пытались обнаружить появляющийся сигнал восстановления озонового слоя на фоне такого рода изменчивости, который также наблюдается в стратосфере».

Исследователи начали с моделирования атмосферы Земли и создали несколько «параллельных миров» или симуляций одной и той же глобальной атмосферы при различных начальных условиях. Так, они провели моделирование в условиях, которые не прогнозировали никакого увеличения выбросов парниковых газов или веществ, разрушающих озоновый слой. В этих условиях любые изменения содержания озона должны были быть результатом естественной изменчивости климата.

Они также провели моделирование, в котором увеличивались только концентрации парниковых газов, а также уменьшались только concentra-

ции озоноразрушающих веществ. Они сравнили результаты моделирования, чтобы увидеть, как изменялся уровень озона в стратосфере Антарктиды в разные периоды времени и на разных высотах в ответ на различные начальные условия.

С помощью этого моделирования они составили карту временных отметок и высот, на которых озон восстанавливался из месяца в месяц на протяжении нескольких десятилетий, и выявили закономерность восстановления озона, которая была напрямую связана с сокращением содержания озоноразрушающих веществ.

Затем группа исследовала эту закономерность в реальных спутниковых наблюдениях за озоновой дырой над Антарктикой, начиная с 2005 года по настоящее время. Они обнаружили, что со временем закономерность, выявленная ими в ходе моделирования, стала все более выраженной в наблюдениях. К 2018 году программа достигла своего пика, и команда могла с уверенностью в 95% сказать, что восстановление озонового слоя произошло в первую очередь за счет сокращения выбросов озоноразрушающих веществ.

Если эта тенденция сохранится и последствия восстановления озонового слоя станут более заметными, Соломон прогнозирует, что вскоре наступит момент, когда озоновый слой останется полностью восстановлен. И в конечном итоге озоновая дыра должна остаться закрытой навсегда.

«К 2035 году мы можем стать свидетелями того, как больше не будет сезонного истощения озоновой дыры над Антарктидой. И это будет очень волнительно для меня», — уверена она. «И некоторые из вас увидят, как озоновая дыра полностью исчезнет еще при вашей жизни».

BCG :Инвестиции в климатические меры к 2100 году могут принести десятикратную доходность¹⁶

К 2050 году инвестиции в меры по смягчению последствий изменения климата должны увеличиться в 9 раз, а в адаптацию — в 13 раз, чтобы сдержать рост глобальной температуры в пределах 2°C.

Как передает Report, такие данные приводятся в докладе «Слишком жарко, чтобы ясно мыслить, слишком холодно для паники». Исследование подготовлено Boston Consulting Group (BCG), Кембриджской бизнес-школой Джаджа и Лабораторией climaTraces Кембриджского университета.

«Масштаб исследований воздействия изменения климата стремительно растет», — отметил Камиар Мохаддес, доцент Кембриджской бизнес-школы и директор Лаборатории climaTraces.

По его словам, климатические изменения снизят доходы во всех странах и секторах — от сельского хозяйства до промышленности и торговли.

«Наиболее экономически эффективный способ снизить ущерб — меры по смягчению последствий. Доход от инвестиций может превысить их объем в 5–14 раз. Важную роль также играет адаптация, особенно в ближайшие десятилетия», — говорится в докладе.

Подчеркивается важность ранних инвестиций: 60% финансирования должны быть выделены до 2050 года, хотя 95% экономического ущерба бездействия проявится позже.

«Существуют веские экономические аргументы в пользу борьбы с изменением климата, но немногие осознают их значимость, — заявила Анника Завадски, управляющий директор и партнер BCG. — Инвестиции в климатические меры к 2100 году могут принести десятикратную доходность».

По оценкам авторов исследования, при потеплении на 3°C к 2100 году мировое производство сократится на 15–34%. Однако инвестиции в размере 1–2% мирового ВВП позволят удержать рост температуры в пределах 2°C, снизив потери до 2–4%.

¹⁶ Источник: <https://report.az/ru/ekologiya/bcg-investicii-v-klimaticheskie-mery-k-2100-godu-mogut-prinesti-desyatikatnuyu-dohodnost/> Опубликовано 12.03.2025

«Издержки бездействия составят 11–27% ВВП — втрое больше мировых расходов на здравоохранение и в восемь раз больше средств, необходимых для преодоления бедности», — отмечается в докладе.

Также прогнозируется, что к 2030 году энергетический переход создаст 14 млн новых рабочих мест в сфере энергоснабжения, а также 16 млн рабочих мест в строительстве и новых секторах, таких как производство водорода. Однако 5 млн рабочих мест в устаревающих отраслях, включая добычу ископаемого топлива, будут сокращены.

«Необходим справедливый энергопереход, обеспечивающий работникам возможности для переподготовки и трудоустройства, а также меры по диверсификации экономики», — говорится в докладе.

Изменение климата меняет микробный мир горных рек¹⁷

Глобальное потепление не только изменяет ландшафт горных регионов, но и угрожает невидимому глазу, но крайне важному компоненту природы — уникальным микробным экосистемам горных рек.

Исследование, проведенное учеными Федеральной политехнической школы Лозанны (EPFL), Швейцария, в рамках проекта *Vanishing Glaciers*, стало первым, где детально проанализировали, как изменение климата повлияет на состав и функционирование микробиома в горных водотоках.

Потоки, зарождающиеся в горах, питают одни из крупнейших рек мира, обеспечивая пресной водой миллиарды людей. В Швейцарии, например, такие реки, как Рона, Инн и Адидже, берут начало в высокогорных областях. Любые изменения в этих экосистемах неминуемо скажутся на всех процессах ниже по течению.

Исследователи реконструировали и проанализировали генетические данные 2333 видов бактерий из образцов, собранных в 164 горных ручьях по всему миру. На основе полученной информации были созданы модели, прогнозирующие, как микробные сообщества изменятся к концу XXI века.

¹⁷ Источник: <https://ecosphere.press/2025/03/26/izmenenie-klimata-menyat-mikrobnnyj-mir-gornyh-rek/>
Опубликовано 26.03.2025

Оказалось, что в будущем горные реки могут стать «зеленее». Водоросли, которые сегодня не выживают в экстремальных условиях, начнут активно размножаться, увеличится фотосинтез, повысится концентрация органического вещества, что повлияет на всю экосистему. В то же время исчезнут уникальные бактерии, адаптированные к низким температурам и бедной питательными веществами среде.

Микроорганизмы, населяющие горные реки, выполняют важнейшие экологические функции: они очищают воду, перерабатывают питательные вещества, участвуют в углеродном и азотном циклах, поддерживают пищевые цепи. Их исчезновение может привести к нарушению экологического баланса в горных регионах и за их пределами. По мнению ученых, необходимо срочно разработать меры по защите этих экосистем, поскольку без них мир лишится уникального природного ресурса, который невозможно восстановить.

Раскрыт парадокс остывания Южного океана¹⁸

Глобальные климатические модели предсказывают, что океан вокруг Антарктиды должен нагреваться, но на самом деле за последние четыре десятилетия его воды преимущественно охладились. Ученые из Стэнфордского университета обнаружили, что это несоответствие между моделированием и наблюдениями связано в основном с недоучетом талой воды и осадков.

«Мы выяснили, что тенденция к охлаждению Южного океана — это на самом деле его реакция на глобальное потепление, которое ускоряет таяние ледников и увеличивает местные осадки», — сообщил геофизик Эрл Уилсон из Стэнфордской школы устойчивого развития.

По мере роста температур и таяния антарктического ледяного щита, а также увеличения осадков верхний слой Южного океана становится менее соленым — и, следовательно, менее плотным. Это создает «крышку», которая ограничивает обмен прохладных поверхностных вод с более теп-

¹⁸ Источник:

https://naukatv.ru/news/uvelichenie_kolichestva_taloy_vody_i_dozhdej_pomogaet_obyasnit_pochemu_okhla_zhdenie_yuzhnogo_okeana_ne_opravdalo_prognozov Опубликовано 31.03.2025

лыми глубинными. «Чем менее соленым становится поверхностный слой, тем сложнее теплой воде подниматься вверх», — пояснил Уилсон.

Однако это опреснение не полностью учитывается в моделировании: «Влияние талой воды ледников на океанические течения полностью отсутствует в большинстве климатических моделей».

«Наши результаты предоставляют новые доказательства того, что эти изменения, связанные с талой водой, уже влияют на динамику океана и, возможно, на глобальный климат», — предупредил ученый.

Согласование глобальных расхождений

Несоответствие между наблюдаемыми и смоделированными температурами поверхности моря вокруг Антарктиды — лишь малая толика более масштабной проблемы в прогнозировании изменений климата. Расхождения отмечаются в отношении охлаждения восточной части Тихого океана у экватора, темпов потепления Индийского и западной части Тихого океанов, а также частотой проявлений Ла-Нинья.

«Наши результаты могут помочь согласовать эти глобальные расхождения», — уверен Уилсон.

Мировые океаны поглощают более четверти углекислоты, выброшенной в результате человеческой деятельности, и свыше 90% избыточного тепла, удерживаемого в климатической системе парниковыми газами.

«Южный океан — одно из основных мест, где это происходит», — подчеркнул геофизик Закари Кауфман.

В результате Южный океан оказывает непропорционально большое влияние на глобальное повышение уровня моря, поглощение тепла океаном и секвестрацию углерода. Его поверхностные температуры влияют на погодные явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья, от которых, в свою очередь, зависят осадки во многих регионах вплоть до Калифорнии.

Неожиданное открытие

Чтобы понять физический механизм охлаждения Южного океана и сделать более надежные прогнозы его будущего влияния на климатическую систему Земли, Уилсон и Кауфман решили определить, насколько в моделированиях снизились температуры поверхности моря вокруг Ан-

тарктиды в ответ на опреснение. «Мы наивно полагали, что не имеет значения, где именно добавлять пресную воду», — признался Уилсон.

Оказалось, поверхностные температуры гораздо чувствительнее к потокам пресной воды вдоль побережья, чем к равномерно распределенным осадкам.

«Добавление пресной воды вблизи антарктического побережья сильнее влияет на образование морского льда и его сезонное распространение, что, в свою очередь, воздействует на температуру поверхности моря. Это неожиданный результат, который мы планируем изучить подробнее в будущих работах», — заметил специалист.

Количественная оценка эффекта талой воды

Ученые провели серию симуляций на основе моделей климата и океана из недавно запущенной инициативы SOFIA (Southern Ocean Freshwater Input from Antarctica) и более старых моделей изменений плотности и циркуляции океана, внося туда поправку на разбавление морской воды талыми стоками. Результатами они поделились в *Geophysical Research Letters*.

«Велись споры о том, достаточно ли талой воды за исторический период, чтобы оказать значительный эффект. Мы показали, что да», — заявил Уилсон.

Исследователи вычислили, что недоучет пресной воды объясняет до 60% расхождения между наблюдаемыми и прогнозируемыми температурами поверхности Южного океана с 1990 по 2021 год.

«Мы давно знали, что таяние ледников повлияет на океанические течения в следующем столетии и позже. Наши результаты предоставляют новые доказательства того, что эти изменения, связанные с талой водой, уже влияют на динамику океана — и, возможно, на глобальный климат», — заключил геофизик.

Запасы воды в почве, озерах и реках Земли сокращаются. К чему это приведет?¹⁹

Австралийские гидрологи провели моделирование, которое показало, что большинство запасов пресной воды на суше исчерпано. Сначала профессор из Мельбурнского университета Донгрил Рю подумал, что это ошибка, но последующие проверки подтвердили тревожные прогнозы.

Оказалось, что почвы на Земле потеряли более 2000 гигатонн воды примерно за последние 20 лет. В то же время частота сельскохозяйственных и экологических засух увеличилась, глобальный уровень моря поднялся, а полюс Земли сместился. Три разных источника данных показали, что наша планета хранит меньше воды на суше, чем когда-либо.

По мнению ученых, почвы утратили свою эластичность, чтобы восстановиться до прежнего уровня влажности. Обратим ли процесс — пока неясно. Многое зависит от того, будут ли люди принимать меры по борьбе с изменением климата. Растущее тепловое воздействие на растения означает, что им нужно больше воды. Сельское хозяйство продолжает потреблять больше воды, чем может себе позволить, отмечают гидрологи.

«В прошлом происходили долгосрочные изменения климата, которые, предположительно, могут произойти и в будущем и обратить описанную тенденцию вспять — но, вероятно, не при нашей жизни. Поскольку парниковые газы будут ускорять глобальное потепление, скорость испарения вряд ли снизится в ближайшее время», — отметила эколог Кэтрин Джейкобс из Университета Аризоны.

¹⁹ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/128504.html> Опубликовано 31.03.2025

Ученые впервые проследили эволюцию рек под ледниками Антарктиды²⁰

Впервые ученые исследовали долгосрочную эволюцию рек, протекающих под ледниками Антарктиды, и получили новые представления о будущем таяния льдов Антарктиды. Это может изменить подход климатологов к прогнозированию последствий глобального потепления. Работа опубликована в журнале Nature Communications.

Проект возглавили ученые факультета экологии Университета Ватерлоо (Канада), которые изучали подледниковый бассейн Аврора и моделировали его гидрологию. Модель охватила период от 34 миллионов лет назад до 75 лет в будущее.

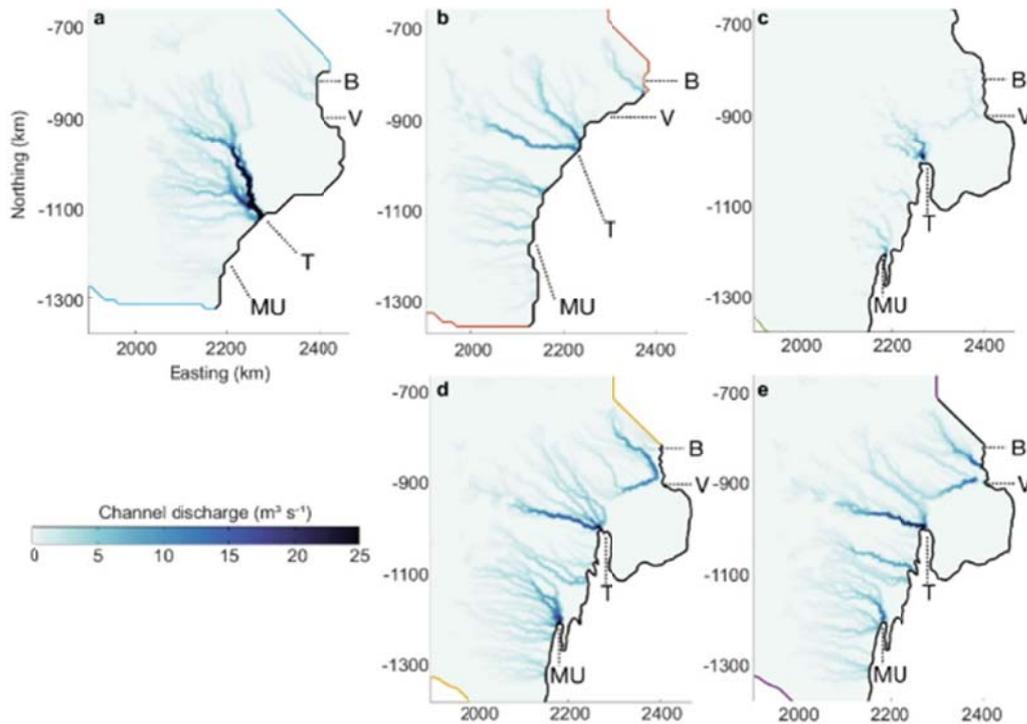
Бассейн Аврора расположен в Восточной Антарктиде под ледником Тоттен и находится ниже уровня моря, так что представляет собой очень нестабильную систему.

«Многие исследования утверждают, что прошлое может служить аналогом того, что произойдет в будущем. Но без учета подледниковых рек мы упускаем важную часть картины», — отметила Анна-Мирелла Хейден, первый автор статьи.

Исследование показало, что подледниковые реки перемещаются и будут продолжать меняться в будущем. Изменения места, где река впадает в океан, могут влиять на циркуляцию воды под плавучим льдом и усиливать слабые места в уязвимых регионах, где лед спускается в океан. Это может привести к обрушению льда, еще большему ускорению его течения и более значительному повышению уровня мирового океана, чем предполагалось ранее.

Авторы выяснили, что сейчас общий сток подледных рек бассейна составляет 0,03 кубических метра в секунду. Отмечается, что 34 млн лет назад (на границе эоцена и олигоцена) количество льда в бассейне Авроры было больше, а 14 млн лет назад (средний миоцен) — меньше. По этой причине эти эпохи были выбраны для сравнения и построения моделей.

²⁰ Источник: https://naukatv.ru/news/snimok_proshlogo_antarktidy_pomogaet_predskazat_buduschij_klimat
Опубликовано 1.04.2025



*Подледные реки бассейна Аврора в Антарктиде:
 (a) на границе эоцена и олигоцена; (b) средний миоцен;
 (c) настоящее время; (d) 2100 г. н. э. при максимальных объемах
 потери льда; (e) 2100 г. н. э. при максимальных объемах
 прироста льда*

Результаты по границе эоцена и олигоцена показывают, что подледные русла были до 370 км в длину, что более чем в два раза превышает длину современных. Объем стока тогда был 0,016 кубометра в секунду. В среднем миоцене средняя длина русла была всего 270 км. Такое укорочение произошло из-за того, что антарктические льды уменьшились, отступили дальше к суше. Объем воды, которую выпускали эти подледные реки в океан, тоже соответственно уменьшилось, но зато увеличилось количество этих русел — своеобразных «точек выхода». То есть ледник стал снизу как бы более «изрезанным».

Затем ученые смоделировали, что будет происходить с подледными реками бассейна Аврора к 2100 году.

«Сценарий максимальной потери льда приводит к более чем двукратному увеличению плотности русел и сброса», — пишут ученые.

А это, в свою очередь, увеличит скорость таяния ледника, и значит — повышение уровня моря.

В зоне риска

Топ стран в Европе с наиболее резким потеплением²¹

Согласно последним данным ООН, десять стран, в которых наблюдается наибольший рост температуры, находятся в Европе, передает euronews.com

В каждой из них в 2023 году было зафиксировано повышение температуры более чем на 2,5°C по сравнению с базовым уровнем 1951-1980 годов.

И таким выдался не только 2023 год: анализ среднего показателя за 10 лет с 2014-го по 2023-й показывает, что 15 стран, в которых наблюдается наибольшее потепление, также находятся в Европе.

Насколько быстро в Европе теплеет по сравнению с остальным миром?

Согласно набору данных ФАО об изменении температуры на суше, в 2023 году глобальное среднегодовое изменение температуры на суше достигло 1,8°C по сравнению с базовым уровнем 1951-1980 годов.

Это самый высокий рост температуры за всю историю наблюдений. Еще более тревожно то, что последние девять лет, начиная с 2015 года, были самыми теплыми за всю историю наблюдений.

Наиболее значительное потепление наблюдалось в Европе, где температура повысилась на 2,4°C. Это седьмой раз за последние девять лет, когда температура в регионе превысила 2°C.

Ограничение в 1,5°C, установленное Парижским соглашением, было превышено во всех регионах в 2023 году, за исключением Океании, где было зафиксировано повышение на 0,9°C.

²¹ Источник: <https://point.md/ru/novosti/obschestvo/moldova-voshla-v-top-stran-v-evrope-s-naibolee-rezким-potepleniem/> Опубликовано 16.03.2025

В каких странах зафиксировано наибольшее повышение температуры?

Среди 198 стран и 39 территорий самый высокий в мире рост температуры был зафиксирован на Шпицбергене и Ян-Майене в Норвегии - на $3,6^{\circ}\text{C}$.

«Мы не должны чрезмерно интерпретировать краткосрочную [например, годовую] статистику температуры, особенно для небольших регионов, из-за влияния внутренней изменчивости», - объяснил Себастьян Зиппель, профессор атрибуции климата в Лейпцигском институте метеорологии.

В Молдове, Украине, Андорре, Швейцарии и Беларуси потепление превысило $2,7^{\circ}\text{C}$ по сравнению со средним значением 1951-1980 годов.

В ЕС наибольший годовой прирост температуры был отмечен в Румынии и Словении - $2,62^{\circ}\text{C}$.

27 из 49 стран и территорий Европы вошли в топ-30 по наибольшему повышению температуры. Среди них Франция ($2,59^{\circ}\text{C}$), Испания ($2,57^{\circ}\text{C}$), Россия ($2,53^{\circ}\text{C}$) и Германия ($2,44^{\circ}\text{C}$).

Сильнее всего потепление ощущалось в Западной и Восточной Европе. Только три неевропейские страны попали в топ-30: Казахстан ($2,58^{\circ}\text{C}$), Марокко ($2,56^{\circ}\text{C}$) и Тунис ($2,4^{\circ}\text{C}$).

Это говорит о том, что Европа теплеет гораздо быстрее, чем большинство других регионов мира.

Франческо Н. Тубиелло, старший статистик и руководитель группы статистики окружающей среды ФАО, объясняет это тем, что Европа (в которую географически входит и Россия) имеет самую большую площадь суши в северных широтах.

В каких европейских странах было холоднее в 2023 году?

Исключением в Европе стали Исландия и Фарерские острова, где в 2023 году наблюдалось наименьшее потепление, а повышение температуры не превышало $0,65^{\circ}\text{C}$.

В Норвегии, Швеции и Великобритании также потеплело незначительно - на $1,2-1,5^{\circ}\text{C}$.

«Страны, граничащие с Атлантическим океаном, как правило, имеют меньшую динамику температуры. Страны, которые простираются в север-

ные (арктические) регионы, обычно демонстрируют более значительное повышение температуры», - говорит Зиппель.

Ребекка Эмертон, климатолог из Службы изменения климата «Коперник» (C3S), объясняет, что эта изменчивость может быть обусловлена множеством факторов, включая модели атмосферной циркуляции, океаническое влияние и более локальные факторы, такие как снежный покров, влажность почвы и географические особенности.

Среднее десятилетнее значение: почему в Европе теплеет так быстро?

Поскольку эксперты подчеркивают важность изучения долгосрочных тенденций, мы рассчитали среднее десятилетнее значение за 2014-2023 годы - последнее из доступных десятилетий. В течение этого периода 15 стран и территорий с наибольшим ростом температуры также находились в Европе.

«В Европе теплеет в два раза быстрее, чем в среднем по миру, это самый быстрорастущий континент на Земле», - говорит Эмертон.

«Арктика - самый быстрорастущий регион», - добавляет она. В докладе службы «Коперник» «Состояние климата в Европе в 2023 году» рассматриваются причины этого, в том числе доля суши в Арктике и изменения в атмосферной циркуляции, которые способствуют более частым летним тепловым волнам.

«Известно, что северные регионы нагреваются сильнее, чем остальной мир в среднем, из-за арктического усиления, а многие страны Европы находятся относительно далеко на севере», - объясняет Зиппель.

Арктика теплеет значительно быстрее, чем остальной мир. Это явление, называемое арктическим усилением, вызвано потерей морского льда, которое усиливает передачу тепла из океана в атмосферу.

Доктор Робин Ламболл, научный сотрудник Имперского колледжа Лондона, также указывает на влияние размера стран на колебания температуры.

«В Европе в среднем меньше стран, чем в других местах, а в небольших странах более вероятны большие колебания температуры просто потому, что вы не можете усреднить изменения на такой большой территории», - говорит Ламболл.

Эрик Кьелльстрем, профессор Шведского метеорологического и гидрологического института, предполагает, что тому, что Европа потепле-

ла сильнее, чем большинство других континентов, возможно, способствовало сокращению количества аэрозолей в воздухе.

«Европа также очищает свои выбросы аэрозолей (или смога). Это привело к уменьшению смога, но смог частично блокирует солнечный свет (временно). Это приводит к некоторому дополнительному потеплению по сравнению с регионами с более низким уровнем исторического смога», - объясняет Ламболл.

Среднее десятилетнее значение указало на экстремальное отклонение на Шпицбергене (Норвегия), где температура выросла на 3,44°C по сравнению с базовым уровнем 1951-1980 годов. Это намного больше, чем в любом другом регионе.

Даниэла Шмидт, профессор Школы наук о Земле Бристольского университета, объясняет, что вблизи экватора потепление меньше, а к полюсам - больше (полярное усиление). «Отсюда и большее потепление на Шпицбергене», - говорит она.

В число регионов с наиболее быстрым потеплением входят страны Восточной Европы и Балтии: Беларусь (2,29°C), Россия (2,27°C), Эстония (2,26°C), Латвия (2,24°C) и Литва (2,24°C) - все они демонстрируют значительный рост.

За год Мировой океан неожиданно поднялся сразу на полсантиметра²²

За 2024 год уровень Мирового океана поднялся сразу на полсантиметра — антирекорд за всю историю наблюдений. Об этом сообщает Daily Mail со ссылкой на НАСА.

«НАСА предупреждает, что в прошлом году уровень Мирового океана резко поднялся, в результате чего сотни городов оказались под угрозой погружения под воду», — пишет газета.

В НАСА предупредили, что в 2024-м уровень Мирового океана поднялся на «неожиданную» величину, добравшись до отметки в 0,59 см. Это

²² Источник: <https://eodaily.com/ru/news/2025/03/17/za-god-mirovoy-ocean-neozhidanno-podnyalsya-srazu-na-polsantimetra-daily-mail> Опубликовано 17.03.2025

связано с необычайно сильным потеплением океана в сочетании с таянием ледников. А с 1993 года уровень Мирового океана поднялся на ошеломляющие 10,1 см. Если уровень моря продолжит расти такими темпами, сотни густонаселенных городов по всему миру могут оказаться под водой.

«Подъем, который мы увидели в 2024 году, оказался выше, чем мы ожидали. Каждый год он немного отличается, но ясно одно: уровень океана продолжает подниматься и скорость подъема становится все быстрее и быстрее», — сказал исследователь уровня моря в Лаборатории реактивного движения НАСА в Южной Калифорнии Джош Уиллис, которую цитирует «Пул № 3».

За последние 30-40 лет кратковременные осадки и риск наводнений стали возникать чаще²³

Анализ данных за более чем сто лет показал, что за последние 30–40 лет количество кратковременных дождей, продолжающихся несколько часов, увеличилось на 15%.

Исследователи из Венского технического университета подтвердили, что изменение климата напрямую влияет на интенсивность кратковременных осадков и риск наводнений.

Ученые различают кратковременные и продолжительные осадки, поскольку их зависимость от изменения климата различна.

- Краткосрочные осадки (несколько часов) становятся мощнее в условиях потепления, так как теплый воздух удерживает больше влаги, а усиленное движение воздушных масс приводит к более интенсивным дождям.
- Долговременные осадки (несколько дней) зависят от глобальных климатических процессов, таких как Эль-Ниньо. В результате в некоторых регионах (например, в Италии, Испании и Греции) длительные дожди могут даже стать реже.

²³ Источник: <https://ecosphere.press/2025/03/17/izmenenie-klimata-usilivaet-kratkovremennye-osadki-i-povyshaet-risk-navodnenij/> Опубликовано 17.03.2025

Влияние изменения климата на наводнения также зависит от типа водоема:

- Небольшие реки с малой водосборной площадью страдают от интенсивных кратковременных дождей, что приводит к внезапным наводнениям.
- Крупные реки, такие как Дунай, менее подвержены краткосрочным осадкам, поскольку на их водный баланс больше влияют длительные дожди и глобальные погодные процессы.

С 1900 года в стране ведутся детальные метеорологические и гидрологические наблюдения. Данные собираются двумя учреждениями: Geosphere Austria и гидрографической службой при Министерстве сельского хозяйства. Это делает Австрию одной из лучших лабораторий для изучения изменения климата, а ее выводы применимы к другим регионам мира.

Исследование проводилось Венским техническим университетом, Университетом Граца и Geosphere Austria. Результаты опубликованы в журнале Nature.

Технологии

Ученые хотят взорвать 1600 термоядерных бомб для борьбы с потеплением²⁴

Исследователи из Рочестерского технологического института предлагают детонировать 1620 термоядерных бомб, чтобы ускорить естественные процессы удаления углекислого газа из атмосферы.

Ученые предупреждают: если средняя температура на Земле продолжит расти, к концу века мировой экономике может быть нанесен ущерб в \$200 трлн, а сотни миллионов людей столкнутся с резким ухудшением условий жизни. Чтобы этого избежать, они предлагают нестандартное решение — взорвать под водой более 1600 термоядерных зарядов мощностью 50 мегатонн каждый.

Авторы нового исследования утверждают, что термоядерные взрывы могут ускорить выветривание силикатных пород, таких как базальт. Этот процесс связывает углекислый газ и удаляет его из атмосферы. В небольшом масштабе такой метод уже используется: в Бразилии компании, включая Google, финансируют проекты по измельчению базальта и его распространению по сельхозугодьям. Однако ученые считают, что такие меры слишком малы для глобального эффекта.

Предложенный вариант предполагает закладку зарядов в морском дне на глубине 4 км под толщей воды до 8 км. Давление в 800 атмосфер должно поглотить ударную волну, а мощность взрывов — около 81 гига-тонны — обеспечит быстрое разрушение пород. Ученые считают, что при этом уровень радиации будет минимальным, а экосистема океана почти не пострадает.

По расчетам, эффект от подрыва будет эквивалентен удалению 30-летнего объема выбросов CO₂. В противном случае ученые прогнозируют ускорение закисления океанов, гибель коралловых рифов и другие экологические катастрофы.

Однако остается вопрос: насколько безопасно использовать термоядерные взрывы в таких масштабах.

²⁴ Источник: <https://hightech.fm/2025/02/14/global-ocean-warm> Опубликовано 14.02.2025

Результаты исследования и расчеты ученых опубликованы в библиотеке препринтов arXiv.

Финансовые и регулятивные меры

Станут ли обмены долга драйвером «зеленого» развития Центральной Азии?²⁵

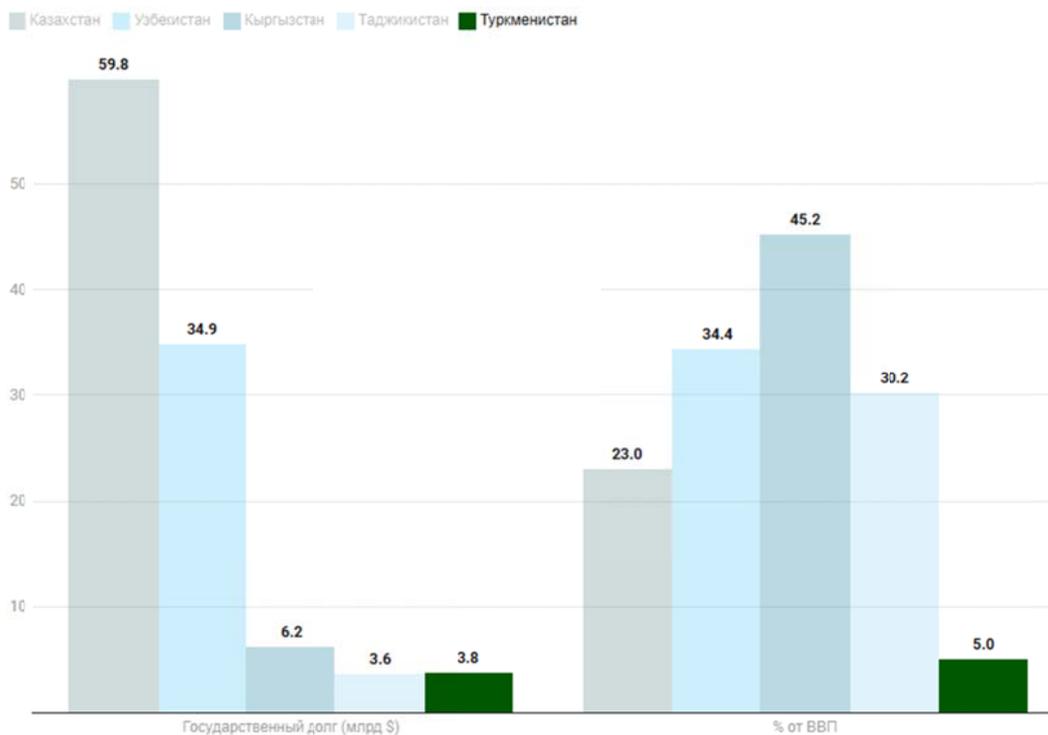
Элеонора Алиязова, Кундуз Адылбекова,
Жамиля Суранаева

Механизм обмена внешнего долга на природу — эффективный инструмент для стран Центральной Азии, который может сократить долговое бремя и даже дать возможности для решения экологических проблем, считают кыргызстанские экологи Элеонора Алиязова, Кундуз Адылбекова и Жамиля Суранаева. Важным условием для успешной реализации подобных сделок является правильный учет конкретных потребностей и контекстов стран.

В Кыргызстане показатель внешнего долга за 2024 достиг около 38% от ВВП, а в Центральной Азии показатели внешнего долга составляет в среднем 25% от ВВП. По данным Конференции ООН по торговле и развитию (UNCTAD), соотношение долга к ВВП в размере 60% часто используется как предельный уровень для развитых стран, и 40% как предельный уровень для развивающихся и формирующихся экономик.

Дефолты могут привести к обесцениванию валют стран региона. Это, в свою очередь, вызывает инфляцию и снижает покупательную способность населения. Например, в 2001 году Аргентина объявила дефолт по внешнему долгу на сумму более 132 миллиардов долларов США, - что стало одним из крупнейших дефолтов в мире.

²⁵ Источник: <https://cabar.asia/ru/stanut-li-obmeny-dolga-drajverom-zelenogo-razvitiya-tsentralnoj-azii> Опубликовано 17.03.2025



Соотношение внешнего долга стран региона на 1 января 2024г.

В то же время, регион испытывает на себе последствия изменения климата, что усугубляет и без того сложную социально-экономическую ситуацию. Регион прогревается почти в 2 раза выше средних глобальных показателей. Так, если за последние десятилетия средняя глобальная температура повысилась примерно на $0,2^{\circ}\text{C}$, то в Центральной Азии среднегодовые показатели температуры достигли от $0,28^{\circ}\text{C}$ до $0,42^{\circ}\text{C}$ в аналогичные периоды. Ледники в регионе стремительно тают — с 1960-х годов ледники сократилась более чем на 30%, а к 2050 году могут уменьшиться еще на 50%. Это угрожает сельскому хозяйству и продовольственной безопасности, что может привести к масштабным социально-экономическим кризисам.

Страны, столкнувшиеся с долговым кризисом, вынуждены прибегать к менее устойчивым практикам, таким как добыча ископаемых видов топлива (угля, нефти и газа). Это означает, что страны в регионе с высоким уровнем внешнего долга не уделяют приоритетного внимания расходам на смягчение последствий изменения климата.

Одним из решений, продвигаемых экономистами в качестве «беспроеигрышного», является финансовый механизм Обмена долга на природу (англ. Debt for Nature Swap и его разновидности как Debt for Climate Swap). Эта финансовая модель, сделка между кредитором и страны-должника, ко-

торое предполагает списание части внешнего долга страны в обмен на обязательства по сохранению окружающей среды.

Институт защиты климата, энергетики и мобильности описывает две модели подобных сделок следующим образом:



*Источник: IKEM, Debt-for-climate swaps



*Источник: IKEM, Debt-for-climate swaps

Эффект от такой модели связан не только со снижением долгового бремени страны должника и улучшением экологической обстановки, но и с созданием возможностей для долгосрочного устойчивого развития как финансовой модели.

Успешные примеры обмена долгов на экологические проекты

Начиная с самого первого свопа между Боливией и Conservation International в 1987 году было проведено множество сделок по обмену долга на природоохранные инициативы. На сегодняшний день этот метод используется по всему миру, а наиболее успешный пример можно найти в Белизе.

В 2021 году Белиз подписал соглашение с The Nature Conservancy, позволивший сократить внешний долг страны на 10% от ВВП. Что еще более важно, это значительно улучшило шансы на сохранение морской среды самого длинного кораллового рифа в западном полушарии.

Дочерняя компания The Nature Conservancy предоставила финансирование для выкупа государственного долга на \$553 млн по сниженной цене. Сделка была поддержана “голубыми облигациями” на 364 млн долларов при участии Credit Suisse и застрахована Международной финансовой корпорацией развития США (DFC), что обеспечило низкие проценты и длительный срок погашения.

Взамен Белиз обязался ежегодно инвестировать 4 млн долларов в охрану морской среды до 2041 года и к 2026 году увеличить охраняемые морские территории с 15,9% до 30%. Для устойчивого финансирования создан фонд в 23,5 млн долларов.

Этот пример показывает, что механизм обмена долга на природу может стать эффективным инструментом для сохранения природных объектов, если он будет правильно реализован. Важным условием для успешной реализации этих сделок является правильная настройка механизмов, учитывающих конкретные потребности и контексты стран. Это позволит обеспечить устойчивые результаты как в экологической, так и в экономической сферах.

Первые шаги Кыргызстана

В настоящее время активного интереса к этому финансовому инструменту в Центральной Азии не наблюдается, однако Кыргызстан, как одна из стран региона, активно продвигает эту повестку дня в диалоге со своими кредиторами.

В начале 2000-х годов Кыргызстан подписал соглашение о переводе части внешнего долга на финансирование экологических проектов, подписав соглашение с Парижским клубом кредиторов. Средства, высвободив-

шиеся в результате этого соглашения, были направлены на сохранение биоразнообразия и устойчивое управление земельными ресурсами. Однако ни Парижский клуб, ни правительство Кыргызстана не опубликовали отчеты о реализованных проектах, что является важным критерием для подобных сделок.

В последние годы этот вопрос вновь оказался в центре внимания Кыргызстана. Президент Кыргызстана Садыр Жапаров неоднократно заявлял об инициативе обмена внешнего долга страны на реализацию экологических проектов; в январе 2023 года он предложил международным кредиторам списать часть долга в обмен на совместную реализацию «зеленой» инициативы в Кыргызстане.

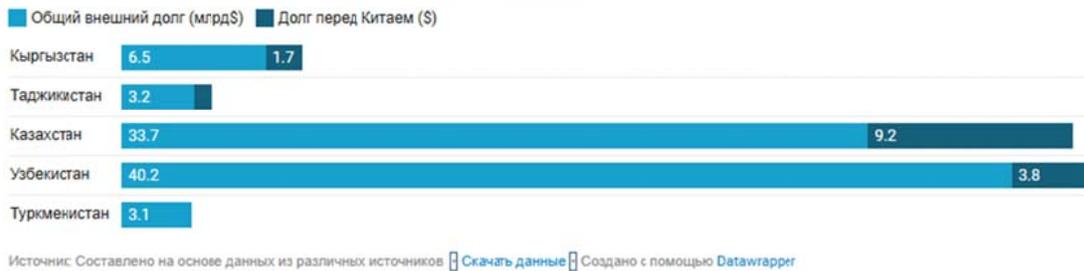
В сентябре 2023 года, выступая на 78-м саммите Генеральной Ассамблеи ООН по Целям устойчивого развития, Жапаров предложил учредить в ООН специальный фонд для финансирования программ адаптации к изменению климата и обмена внешнего долга на экологические проекты, направленные на сохранение ледников, биоразнообразия и управления водными ресурсами.

Позже, в ноябре 2024 года Турция списала внешний долг Кыргызстана в размере 58,9 млн долларов США в обмен на проекты зеленой экономики. Однако Кыргызстан, вероятно, выполнил другие условия для списания долга Турции. Вскоре после этого, 31 декабря 2024 года, стало известно, что сеть турецкого лица Sebati, основанного Фетхуллахом Гюленом (турецким исламским проповедником и основателем движения «Гюлен или Хизмет», обвиняемым в попытке переворота в Турции в 2016 году), была передана турецкому государственному фонду Maarif.

Потенциал Центральной Азии в применении обмена долга на природу

В целом, чтобы понять потенциал Центральной Азии для применения данного инструмента, стоит обратить внимание на структуру долгов и на самого главного внешнего кредитора. На сегодняшний день основным кредитором стран Центральной Азии является Китай, и именно в Кыргызстане и Таджикистане наблюдаются рекордные показатели задолженности перед этой страной.

Соотношение внешнего долга ЦА перед Китаем



Этот инструмент обмена долгов на природу мог бы быть применим и релевантен в отношении Китая, однако, как отмечает эксперт Наргиза Мураталиева в своем материале для Фонда Карнеги, «китайские специалисты признают оригинальность данной модели, но подчеркивают необходимость доработки „международно согласованных механизмов и систем поддержки” для успешной реализации этой инициативы». Бывший вице-президент Эксимбанка Китая Чжан Вэньцай (张文才) прямо заявил, что «эти предложения на данный момент неосуществимы».

По мнению многих региональных экспертов, скорее всего, Китай больше заинтересован в модели обмена долгов на ресурсы, которая включает получение лицензий на добычу природных ресурсов и/или их дальнейший вывоз.

Насколько эффективен инструмент обмена долга на природу: риски и экономическая целесообразность?

Механизм обмена долга на природу изначально представляет из себя сложный процесс, поскольку требует длительной подготовки и переговоров, которые могут занять годы. Если сумма списываемого долга небольшая, то его влияние на экономику страны может оказаться незначительным, так как не приведет к заметному снижению общего долгового бремени.

Например, в 2016 году Сейшельские острова заключили соглашение об обмене долга на природу с The Nature Conservancy и частными инвесторами. В результате инвесторы выкупили 5% государственного долга страны на сумму \$21 млн. Впоследствии долг был переведен в трастовый фонд, который предоставил более выгодные условия погашения, что позволило правительству высвободить около \$8 млн. Тем не менее, все высвободившиеся средства были направлены исключительно на проекты по охране морской экосистемы, что не облегчило общий объем долгового бремени

страны. Более того, эта сумма составила менее 2% от общего внешнего долга Сейшел, что делает экономический эффект сделки крайне незначительным.

Кроме того, проведение такой сделки требует значительных затрат на переговоры, администрирование и создание трастового фонда. В некоторых случаях эти расходы могут даже превышать экономическую выгоду от самого механизма, что ставит под сомнение его эффективность.

Как и любое другое климатическое финансирование, такого рода механизм является политическим инструментом. Контроль над финансами остается у международных институтов и стран-кредиторов, что ограничивает экономический суверенитет государств-должников.

Также существует проблема выполнения условий сделки. Государство может не быть готово согласиться на строгие условия исполнения, что поставит его в положение, где оно рискует не выполнить соглашение или будет вынуждено нарушить его из-за обстоятельств, которые оно не может контролировать.

Небольшая сумма долга, как правило, не является достаточным мотивом для государства, чтобы принять на себя такой риск. К примеру, в 1989 году Всемирный фонд дикой природы (WWF) провел долговой обмен на сумму 2,2 миллиона долларов с Замбией, при этом долг был выкуплен всего за 20% от его стоимости. Однако из-за плохого планирования и стремительной девальвации замбийской квачи, WWF пришлось потратить местные средства, полученные от обмена, менее чем за год, что значительно подорвало эффективность программы в области охраны природы.

К тому же, поскольку зачастую отсутствуют эффективные механизмы подотчетности и мониторинга, нет гарантий того, что страна-должник вообще сможет выполнить условия сделки.

Кроме того, если у страны-должника изначально не было ресурсов на выплату первоначального долга, вряд ли у правительства найдутся средства для инвестиций в области, согласованного в рамках обмена. Это может привести к увеличению дефицита бюджета, который возможно придется покрывать за счет займов, тем самым увеличивая долговое бремя, или отвлечения ресурсов за счет жестких мер экономии в других областях (здравоохранение, образование, инфраструктура).

Обмен долга на природу не является долгосрочным решением. Для того, чтобы действительно способствовать устойчивому развитию, такие механизмы должны быть включены в более широкую стратегическую политику, которая учитывает не только природоохранные обязательства, но и долгосрочное экономическое укрепление стран-должников. В противном

случае такие инициативы рискуют стать лишь временным инструментом, не способным решить более глубокие проблемы экономической зависимости и препятствий на пути к устойчивому развитию.

Выводы и рекомендации

Обмен долга на природу — эффективный инструмент для стран Центральной Азии, уязвимых к изменению климата, не только способствующий облегчению долгового бремени, но и дающий возможность решить экологические проблемы. Однако его эффективность зависит от нескольких важных условий. Для того чтобы этот механизм действительно способствовал устойчивому развитию, он должен быть частью более широкой стратегической политики, включающей укрепление экономики стран-должников. В противном случае, при отсутствии комплексного подхода, такие инициативы могут привести к обратному эффекту — усилению долговой зависимости и экономической нестабильности, что ограничит долгосрочные перспективы развития.

Примеры успешных сделок, таких как обмен долга Белиза и Эквадора на экологические проекты, демонстрируют долгосрочные выгоды данного механизма. Он способствует улучшению состояния природных ресурсов, созданию рабочих мест в «зеленых» секторах экономики и снижению долговой нагрузки.

Однако, несмотря на свою перспективность, такие сделки требуют сложной подготовки и длительных переговоров, что ограничивает их применение, особенно для стран с высоким уровнем задолженности. Эффективность этих соглашений во многом зависит от масштаба долга и способности страны выполнять взятые на себя обязательства.

Для стран Центральной Азии существует ряд вызовов, связанных с применением механизма обмена долга на природу:

Ограниченный интерес главного кредитора. Китай является крупнейшим кредитором стран региона, но не проявляет активного интереса к подобной модели. Китайские эксперты признают ее оригинальность, но подчеркивают необходимость доработки международных механизмов и систем поддержки. На данный момент Китай, скорее всего, продолжит придерживаться традиционных методов управления долгом, таких как продление сроков погашения и инвестирование в добычу природных ресурсов, а не поддержка экологических инициатив.

Отсутствие прозрачности и институциональные риски (коррупция, отчетность и мониторинг). Отсутствие прозрачности в процессах

принятия решений и слабый контроль за реализацией сделок могут привести к коррупции и злоупотреблениям. Существует также риск невыполнения соглашений из-за политической нестабильности или экономических трудностей, что делает такие сделки непривлекательными.

Глобальные тенденции к сокращению климатического финансирования. Опасения вызывает выход таких ключевых игроков, как США, из Парижского соглашения, что может привести к уменьшению международных фондов, направляемых на реализацию таких моделей как обмен долга на природу.

Неоколониализм. Механизм может укреплять экономическую зависимость стран-должников и ограничивать их возможности для самостоятельного развития. Это создает риск повторения неоколониальных практик, при которых экологическая политика становится инструментом влияния более мощных государств и организаций.

В свете этих вызовов странам Центральной Азии необходимо разработать комплексную стратегию, включающую:

- Развитие природоохранных проектов в сочетании с мерами по экономическому укреплению.
- Обеспечение прозрачности сделок и эффективных фискальных механизмов для управления поступающими средствами.
- Усиление международного сотрудничества для адаптации механизма обмена долгов на природу к условиям региона.
- Повышение институциональной устойчивости для обеспечения выполнения условий соглашений.
- Разработку дополнительных финансовых инструментов для поддержки устойчивого развития и экологической безопасности.

Таким образом, в краткосрочной перспективе природные долговые свопы могут стать полезным инструментом для стран Центральной Азии. Однако для того, чтобы этот механизм был успешным и использовался в долгосрочной перспективе, его необходимо интегрировать в более широкую стратегию обеспечения экономической устойчивости и экологической безопасности в регионе.

Откладывание решения экологических проблем замедлит мировую экономику²⁶

Немецкие ученые смоделировали состояние климата и экономики при разных сценариях помощи лесам, теряющим запасы углерода по всему миру. Оказалось, что если отложить решение проблемы хотя бы на пять лет, компенсировать ущерб будет вдвое сложнее и дороже — придется быстрее сокращать выбросы в энергетике и увеличить объемы новых экологических технологий в два раза. Такое давление на экономику может помешать выполнению целей Парижского климатического соглашения по сокращению выбросов CO₂. Исследование опубликовано в журнале *Nature Communications*.

Леса — одни из главных природных регуляторов климата. Деревья поглощают углекислый газ (CO₂) из атмосферы, накапливая его в древесине и почве. В прошлом нетронутые леса связывали около 7,8 миллиарда тонн CO₂ ежегодно, что эквивалентно примерно пятой части всех выбросов, которые производит человечество. Однако с каждым годом эта способность уменьшается из-за климатических изменений и вырубки лесов.

Немецкие ученые решили выяснить, как потеря углерода в лесах скажется на целях Парижского соглашения по сокращению выбросов CO₂. Для этого они объединили компьютерные модели REMIND-MAgPIE и LPJmL и проанализировали прогресс в достижении целей при разных сценариях — от своевременного принятия мер по сохранению лесов до их отсрочки на несколько лет.

Оказалось, что немедленная реакция стран может удержать углеродные потери под контролем, но если отложить решение проблемы хотя бы на пять лет, компенсировать ущерб будет уже вдвое сложнее и дороже. Например, придется быстрее сокращать выбросы в энергетике и промышленности, а также почти в два раза увеличить поглощение углерода с помощью технологий, которые искусственно удаляют CO₂ из атмосферы. В результате мировая экономика может замедлиться: снижение ВВП будет вдвое сильнее, чем при немедленных действиях.

Ученые подчеркнули, что многие современные климатические модели переоценивают способность лесов связывать углерод. Они не учитывают разрушительные пожары, недооценивают масштабы вырубки и слиш-

²⁶ Источник: <https://inscience.news/ru/article/sustainable-development/otkladyvanie-resheniya-ekologicheskikh-problem> Опубликовано 30.03.2025

ком оптимистично прогнозируют рост деревьев на удобрениях. Авторы призывают срочно усилить охрану лесов и ускорить переход стран на чистые источники энергии.

«Чтобы оставаться ниже критических пороговых значений потепления, нужно нечто большее, чем просто надеяться, что леса останутся нетронутыми. Наряду с защитой лесов важно продвигать методы устойчивого землепользования — не только для сохранения биоразнообразия, но и для того, чтобы избежать серьезных экономических последствий и обеспечить наше климатическое будущее», — заявил Александр Попп, соавтор исследования из Потсдамского института изучения климатических изменений, Германия.

Потепление на 4 °С делает среднестатистического человека на 40% беднее²⁷

Повышение глобальной температуры на 4 °С сделает среднего человека на 40% беднее — к такому пессимистичному выводу пришла The Guardian, ознакомившаяся с новым исследованием экономических последствий изменений климата в журнале Environmental Research Letters.

По утверждению его авторов, прежние экономические модели занижают влияние глобального потепления. Однако важно уточнить, что в них, как и в новом исследовании, оценивается средний ВВП на душу населения, а не личное благосостояние, хотя эти величины в известной мере коррелируют.

Этот важный показатель действительно может снизиться на 40% в худшем, но возможном сценарии потепления, тогда как предыдущие модели предсказывали 11%, подтвердил ведущий автор исследования экономист Тимоти Нил из Института климатических рисков и реагирования Университета Нового Южного Уэльса (UNSW).

²⁷ Источник:

https://naukatv.ru/news/poteplenie_na_4_c_sdelает_srednestatisticheskogo_cheloveka_na_40_bednee
Опубликовано 1.04.2025

Он пояснил, что экономические модели обычно учитывали только локальные изменения погоды, а не то, как экстремальные явления, такие как засухи или наводнения, могут повлиять на глобальные цепочки поставок.

«В более жарком будущем можно ожидать каскадных сбоев в цепочках поставок, вызванных экстремальными погодными явлениями по всему миру», — сказал Нил.

«Все решают экстремальные явления, а не средние температуры», — согласился профессор Энди Питман, климатолог из UNSW.

Некоторые экономисты утверждали, что глобальные потери от потепления могут частично компенсироваться за счет выгод для холодных регионов, таких как Канада, Россия и Северная Европа. Однако Нил заявил, что потепление затронет все страны, поскольку мировая экономика связана торговлей.

Более того, связанный с напрасными ожиданиями оптимизм может быть вредным.

«Эти ошибочно оптимистичные результаты могут укрепить мнение, что климатические риски развиваются медленно и имеют ограниченное воздействие, хотя на самом деле они требуют немедленных действий», — предупреждает январский отчет британского Института актуариев.

Профессор практики Марк Лоуренс из Университета Аделаиды назвал результаты нового исследования достоверными.

«Я считаю, что экономические последствия [изменения климата] могут быть еще хуже», — заявил он.

По его словам, разрыв между моделями и реальными климатическими последствиями привел к тому, что «потенциальные экономические выгоды от срочных климатических мер также сильно занижены».

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