

Supported by:



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



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



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



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

based on a decision of
the German Bundestag

АГРАРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ:

наука, данные, устойчивость

Ташкент 2025

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Аграрная трансформация: наука, данные, устойчивость

Ташкент 2025

НИЦ МКВК представляет вашему вниманию подборку материалов, знакомящих с мировым опытом внедрения возобновляемых источников энергии и инновационными решениями в энергетике.

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

Изменение климата и продовольственная безопасность	5
Перспективы продовольственной безопасности: засухоустойчивое растение в центре нового исследования	5
Урожайность пшеницы в мире была бы на 10 % выше без изменения климата.....	9
Поиски золотого стандарта в земледелии против выбросов парниковых газов продолжаются.....	14
Как накормить мир, не нанося вреда природе: поиски устойчивого баланса в сельском хозяйстве	18
Влияние зимнего потепления на глобальные растительные сообщества.....	23
Новое исследование подчеркивает угрозу глобальной засушливости для сельского хозяйства	27
Исследование: только одна страна в мире производит всю необходимую ей еду	28
Моделирование и аналитика.....	32
Детализированная модель влажности почвы помогает понять поведение растений и климат	32
Как рынок сельскохозяйственной аналитики формирует будущее агросектора.....	35
Технологии	39
Исследование Университета штата Канзас: замедление работы дождевальных систем кругового действия повышает эффективность водопотребления и урожайность	39
Новый метод позволяет восстановить почву за недели, а не за 3000 лет.....	42
Селекция растений против засухи.....	44
Ученые вывели пшеницу, растущую на солончаках.....	44
Селекция растений с сильными корнями против засухи и опустынивания получает новые идеи	45

Агрофотовольтаика 49

Солнечные панели и сельскохозяйственные культуры:
можно ли сочетать их на одних и тех же полях?..... 49

Изменение климата и продовольственная безопасность

Перспективы продовольственной безопасности: засухоустойчивое растение в центре нового исследования¹

Джейми ДеЛосс

Исследователи впервые продемонстрировали на неповреждённом растении давно обсуждаемый процесс, позволяющий некоторым видам восстанавливаться после продолжительной засухи. Группа учёных из Университета штата Колорадо, Университета Колорадо и Министерства сельского хозяйства США заявила, что понимание этого уникального механизма может способствовать повышению эффективности сельского хозяйства и укреплению продовольственной безопасности.

Засуха ежегодно наносит экономике США ущерб на миллиарды долларов, вызывая потери в аграрном секторе и увеличивая затраты на ирригацию. Снижение урожайности приводит к дефициту продовольствия и росту цен для потребителей.

Учёные пояснили, что при обезвоживании растения нарушается его водотранспортная система из-за образования газовых пузырьков — эмболов — в ксилеме, тканях, по которым передвигается вода. В зависимости от степени эмболизации не все растения способны восстановиться.

Для восстановления растениям необходимо устранить газовые пузырьки и возобновить поток воды в тканях — этот процесс называется «восполнением».

Среди учёных-ботаников до сих пор нет единого мнения о том, происходит ли восполнение в естественных условиях. Большинство ранее полученных доказательств основывались на деструктивных методах: растения разрезали, а затем подавали воду под давлением, превышающим естественное. Такие подходы могли искажать реальные процессы.

Исследователи из Колорадского университета штата Колорадо (CSU), университета Колорадо (CU) и министерства сельского хозяйства

¹ Источник: Jayme DeLoss. Drought-resilient plant holds promise for future food production, study finds / <https://source.colostate.edu/drought-resilient-plant/> Опубликовано 4.06.2025

США (USDA), отметили, что при подобных вмешательствах часто возникают так называемые «артефакты» — побочные эффекты метода, способные сами по себе вызывать эмболию и приводить к ошибочным выводам. Вместо этого группа исследователей применила микротомограф — специальный рентгеновский аппарат, позволяющий наблюдать внутренние процессы в растении без его повреждения и в условиях, максимально приближенных к естественным.

Их исследование, опубликованное на обложке апрельского выпуска журнала *Proceedings of the National Academy of Sciences*, показало, что у одного из видов дикой травы эмболия полностью исчезает, а водный поток восстанавливается в течение 24 часов после полива.

Шон Глисон, научный сотрудник службы сельскохозяйственных исследований министерства сельского хозяйства США, член университета штата Колорадо и соавтор исследования, отметил, что их работа представляет первое убедительное доказательство обратимого развития эмболии — её восполнения водой — у сосудистых растений, при котором растение полностью восстанавливает свои функции.

По его словам, теперь группа исследователей сосредоточена на поиске других видов растений с аналогичной способностью, чтобы выявить генетический механизм, лежащий в её основе. Как только этот механизм будет установлен, его можно будет внедрить в сельскохозяйственные культуры, повысив их устойчивость к засухе.

Соавтор исследования Трой Очелтри, доцент колледжа природных ресурсов Уорнера при университете штата Колорадо, отметил, что, если растение может быстро восстановиться после засухи за счёт восполнения водных запасов, это позволит частично компенсировать потери в засушливый год. Он добавил, что способность растений восполняться водой может обеспечить более гибкий подход к объёмам и срокам орошения, однако для полного понимания того, как этот процесс влияет на водопотребление сельскохозяйственных культур, необходимы дополнительные исследования.

Трой Очелтри, доцент колледжа природных ресурсов Уорнера при университете штата Колорадо и соавтор исследования, отметил, что в случае, если растение способно быстро восстанавливаться после засухи за счёт восполнения водных запасов, это может частично компенсировать потери урожая в засушливые годы. Он также подчеркнул, что способность к восполнению может обеспечить большую гибкость в управлении поливом — как в отношении объёмов, так и сроков орошения. При этом Очелтри указал на необходимость дальнейших исследований, чтобы определить, как восполнение эмболии водой влияет на общее водопотребление сельскохозяйственных культур.

Предмет исследования: случайная находка

Эмболия, как известно, возникает у всех сосудистых растений. Ранее проведённые исследования показали, что у некоторых видов этот процесс необратим несмотря на то, что после восстановления водоснабжения растения способны продолжать функционировать — пусть и с пониженной продуктивностью.

В рамках настоящего исследования ведущий автор Джаред Стюарт — постдокторант университета штата Колорадо, университета Колорадо и службы сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США (USDA), — вместе с тогдашним магистрантом CSU Бренданом Алленом и аспиранткой Стефани Полутчко искал подходящий объект для эксперимента. Исследователи сообщили, что обратили внимание на дикорастущую траву, произраставшую в трещинах горячего, сухого асфальта на автостоянке. По их словам, устойчивость этого растения к суровым условиям позволила предположить, что оно может обладать выраженной засухоустойчивостью и подойти для дальнейшего изучения.

Исследователи установили, что, несмотря на внешний вид полностью увядшего растения и эмболизацию тканей ксилемы на уровне 88% после длительного обезвоживания, водопроводящая система травы восстановилась буквально за одну ночь.

На данный момент это единственный известный вид, у которого зафиксирована способность к полному восполнению эмболии водой. Однако учёные предполагают, что, вероятно, существуют и другие растения с аналогичными свойствами.

Трой Очелтри отметил, что пока остаётся неизвестным, насколько широко распространено это явление. По его словам, сам факт того, что первое такое растение было обнаружено на автостоянке, заставляет предположить, что могут существовать и другие виды, обладающие подобной способностью. Он подчеркнул, что это открытие меняет представления учёных о возможностях сосудистых растений восстанавливаться после засухи.

Ключевое партнерство и оборудование

Ключевую роль в проведении исследования сыграло сотрудничество с Колледжем ветеринарной медицины и биомедицинских наук Университета штата Колорадо, где группа исследователей получила доступ к микро-

томографу, предназначенному для сканирования мелких животных. Отмечалось, что это специализированное оборудование излучает меньше радиации по сравнению с большинством стандартных компьютерных томографов, что позволяет безопасно проводить повторные сканирования — как у животных, так и при изучении живых растений.

Шон Глисон подчеркнул важность поддержки со стороны сотрудников лаборатории, а также ведущего исследователя — профессора Николь Эрхарт, возглавляющей центр здорового старения CSU и лабораторией сравнительной онкологии и травматологии опорно-двигательного аппарата. По словам Глисона, вклад Эрхарт был критически важен для успешной реализации проекта. Он также отметил, что лаборант Лаура Чабб оказала значительную помощь на ранних этапах исследования, выполняя первичные сканирования растений, а впоследствии обучила его самому работать с микротомографом.

Профессор Николь Эрхарт отметила, что её поразила устойчивость этой, казалось бы, неприметной травы, сумевшей за одну ночь полностью восстановить свою сосудистую систему. Она подчеркнула, что такие примеры междисциплинарного сотрудничества напоминают о потенциале биомедицинских технологий, когда они применяются в новых контекстах для решения фундаментальных вопросов о природе жизни. Эрхарт выразила удовлетворение тем, что её группа смогла внести вклад в столь важное научное открытие.

Шон Глисон отметил, что проведение исследования стало возможным благодаря щедрому предложению профессора Эрхарт и лаборанта Лауры Чабб предоставить доступ к лаборатории микротомографии и оказать помощь со сканированием. Он подчеркнул, что без их поддержки группа исследователей не смогла бы реализовать данный проект.

Урожайность пшеницы в мире была бы на 10 % выше без изменения климата²

Согласно новому исследованию, опубликованному в *Proceedings of the National Academy of Sciences*, глобальная урожайность пшеницы в настоящее время примерно на 10 % ниже, чем могла бы быть без воздействия изменений климата.

Авторы работы проанализировали данные об изменении климата и условиях выращивания пшеницы и других ключевых сельскохозяйственных культур за последние 50 лет по всему миру. Результаты исследования показывают, что повышение температуры и изменение режима осадков уже оказывают значительное влияние на мировое сельское хозяйство.

Актуальность исследования особенно подчеркивается в свете экстремальной жары и засухи, зафиксированных в текущем году. Неблагоприятные погодные условия поставили под угрозу урожай пшеницы и её поставки из важнейших регионов-производителей, включая части Европы, Китая и России.

Авторы также подчёркивают, что усиливающаяся жара и засушливый климат особенно сильно снижают урожайность трёх из пяти важнейших продовольственных культур в мире.

Несмотря на то, что за последние десятилетия глобальная урожайность зерновых значительно выросла — в основном благодаря технологическому прогрессу, выведению высокопродуктивных сортов и широкому применению синтетических удобрений, — климатические изменения уже начали сдерживать этот рост. По словам исследователей, наблюдаемое снижение потенциальной урожайности имеет «серьёзные последствия для цен на продовольствие и глобальной продовольственной безопасности».

Воздействие на урожайность зерновых

С середины XX века во многих странах мира наблюдается значительный рост урожайности основных сельскохозяйственных культур. Согласно новому исследованию, за последние 50 лет урожайность пяти клю-

² Источник: Global wheat yields would be '10%' higher without climate change / <https://www.carbonbrief.org/global-wheat-yields-would-be-10-higher-without-climate-change/>
Опубликовано 21.05.2025

чевых культур — пшеницы, кукурузы, ячменя, сои и риса — увеличилась на 69–123 %.

Однако изменение климата и участвовавшие экстремальные погодные явления становятся всё более серьёзной угрозой для растениеводства. В исследовании, опубликованном в 2021 году, учёные прогнозируют «серьёзные сдвиги» в глобальной продуктивности сельскохозяйственных культур в ближайшие два десятилетия на фоне продолжающегося потепления.

Эта тревожная тенденция подтверждается и недавними наблюдениями. В начале текущего года издание *Carbon Brief* опубликовало интерактивную карту, посвящённую утратам урожая в 2023–2024 гг., вызванным экстремальными погодными условиями — жарой, засухами, наводнениями и другими природными катаклизмами по всему миру. Наиболее часто в сообщениях о потерях упоминались кукуруза и пшеница.

Согласно анализу, проведённому *Carbon Brief*, наиболее часто упоминаемыми в СМИ культурами, пострадавшими от экстремальных погодных условий, стали (в порядке убывания): кукуруза, пшеница, рис, картофель, соевые бобы, оливки, бананы, виноград, подсолнечник и кофе.

Особенно уязвимой в этом контексте оказалась пшеница. По данным агентства *Reuters*, в некоторых регионах Китая — крупнейшего в мире производителя этой культуры — жаркая и засушливая погода поставила под угрозу текущий урожай.

Не менее тревожная ситуация складывается и в Европе. В Великобритании посевы пшеницы оказались под серьёзным давлением из-за «самого засушливого начала весны в Англии за последние почти 70 лет», сообщает *The Times*. По информации *The Guardian*, фермерские объединения предупреждают, что часть урожая уже утрачена.

В результате, как сообщает *Bloomberg*, глобальные поставки пшеницы остаются «ограниченными», и дальнейшая динамика цен будет в значительной степени зависеть от погодных условий в ключевых регионах производства — Европе, Китае и России.

Продовольственная безопасность и цены

В исследовании используются климатические данные, модели и национальная статистика урожайности, предоставленные Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), для анализа производства ключевых сельскохозяйственных культур и климатических тенденций в основных странах-производителях зерна за период с 1974 по 2023

год. Среди них — Аргентина, Бразилия, Канада, Китай, страны Европейского союза, Россия и США.

Исследователи сопоставляют наблюдаемые климатические изменения с моделями сельскохозяйственного производства, чтобы оценить, какова была бы урожайность при текущих условиях и в гипотетическом сценарии без климатических изменений.

Профессор Дэвид Лобелл из Стэнфордского университета, ведущий автор работы, в интервью *Carbon Brief* пояснил: «Если за 50 лет температура повысилась на 1 °C, а модель показывает, что такое потепление снижает урожайность на 5 %, то мы считаем, что изменение климата стало причиной потери этих 5 % урожая».

В исследовании использовались два набора данных климатического реанализа — *TerraClimate (TC)* и *ERA5-Land*, охватывающие температуру и количество осадков за последние 50 лет. Эти данные сочетают фактические наблюдения с результатами современных климатических моделей, что позволяет более точно оценить долгосрочные изменения.

Анализ показал, что урожайность трёх из пяти исследуемых культур была ниже, чем могла бы быть в условиях стабильного климата — без повышения температуры и других климатических изменений за последние полвека. По оценкам авторов, урожайность ячменя снизилась на 12–14 %, пшеницы — на 8–12 %, кукурузы — примерно на 4 %.

Что касается соевых бобов, то влияние изменения климата оказалось менее однозначным — в первую очередь из-за расхождений между двумя источниками данных. Тем не менее оба климатических набора указывают на негативное воздействие на урожайность, оцениваемое в диапазоне от 2 до 8 %.

В случае с рисом влияние изменения климата также не проявляется чётко. Один из наборов данных показал небольшой положительный эффект — около 1 %, тогда как другой — умеренное снижение урожайности на уровне примерно 3 %.

Исследователи подчёркивают, что, несмотря на заметный рост общей урожайности за последние десятилетия, снижение в пределах 4–13 % может показаться несущественным лишь на первый взгляд. На самом деле, такие изменения способны оказать серьёзное влияние на цены на продовольствие и глобальную продовольственную безопасность — особенно с учётом продолжающегося роста мирового спроса. По их словам, общая картина за последние 50 лет свидетельствует о том, что климатические тенденции в целом ухудшили условия выращивания сельскохозяйственных культур во многих ключевых зернопроизводящих регионах мира.

Водный стресс и жара

В рамках исследования учёные также проанализировали влияние потепления и дефицита давления пара — одного из ключевых показателей водного стресса у растений — на урожайность сельскохозяйственных культур. Дефицит давления пара (VPD) отражает разницу между фактическим содержанием водяного пара в воздухе и его максимальной возможной концентрацией при данной температуре. С повышением температуры воздух способен удерживать больше влаги, что увеличивает дефицит давления пара. При высоком VPD растения теряют влагу быстрее, чем могут её восполнить, что ограничивает рост и усиливает водный стресс.

Согласно моделям, именно повышение дефицита давления пара и связанный с ним водный стресс играют ключевую роль в снижении урожайности зерновых культур. При этом высокая температура оказывает более косвенное воздействие, усиливая водный стресс за счёт повышения испарения влаги.

Исследование показало, что дефицит давления пара вырос в большинстве регионов с умеренным климатом за последние 50 лет. Сопоставление полученных данных с результатами климатического моделирования за этот же период выявило сходные тенденции. Однако учёные отмечают, что большинство климатических моделей существенно недооценивают рост дефицита давления пара именно в регионах с умеренным климатом.

Исследователи отметили, что в ряде ключевых регионов выращивания кукурузы — в Европейском союзе, Китае, Аргентине и большей части Африки — дефицит паров воды в атмосфере превысил даже самые пессимистичные прогнозы климатических моделей. Кроме того, учёные выявили, что в большинстве этих регионов за последние 50 лет произошло значительное потепление: средняя температура в сезон выращивания сельскохозяйственных культур сегодня выше, чем в более чем 80 % аналогичных сезонов полвека назад. Результаты исследования также показывают, что в некоторых районах даже самый прохладный вегетационный период сейчас теплее, чем самый тёплый сезон, наблюдавшийся 50 лет назад.

Результаты также показывают, что в некоторых районах даже самый прохладный вегетационный период сегодня теплее, чем самый тёплый сезон, наблюдавшийся 50 лет назад.

Исключение составляют США и Канада: в большинстве регионов США, где выращивают кукурузу и соевые бобы, уровень потепления оказался ниже, чем в других частях мира. Более того, в районах выращивания пшеницы на севере Великих равнин и в центральной части Канады исследователи зафиксировали даже небольшое похолодание.

Согласно данным Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA), в центральной части США с середины XX века наблюдается тенденция к снижению дневных летних температур. Учёные выдвигают различные гипотезы, пытаясь объяснить эту «дыру потепления», которая сохраняется, несмотря на общемировое повышение температуры.

Озеленение и влияние CO₂

Доктор Кори Леск, постдокторский исследователь из Дартмутского колледжа, специализирующийся на влиянии климата на сельскохозяйственные культуры, отметил, что результаты данного исследования совпадают с другими недавними оценками. В интервью *Carbon Brief* он подчеркнул, что несмотря на определённые неопределённости и чувствительность моделей к параметрам, наиболее вероятным является вывод о том, что изменение климата уже привело к снижению средней мировой урожайности.

Основным ограничением исследования, по мнению Леска, является то, что оно не полностью учитывает последние достижения в понимании влияния почвенной влаги на сельское хозяйство. Он также отметил, что изменения влажности и влияние повышенного содержания углекислого газа остаются крупнейшими источниками неопределённости как в прошлом, так и в будущем воздействии климатических изменений на агросектор. Тем не менее, эта работа даёт возможность сделать паузу и подвести промежуточные итоги.

В исследовании также рассматривается вопрос, превышают ли выгоды от увеличения концентрации CO₂ за последние 50 лет негативные последствия повышения уровня парниковых газов. Повышенный уровень CO₂ может стимулировать рост растений в некоторых регионах — явление, известное как «удобрение CO₂». Однако исследование 2019 года показало, что это «глобальное озеленение» может замедлиться из-за усиливающегося дефицита воды.

Авторы текущей работы полагают, что потери урожая пшеницы, кукурузы и ячменя, вызванные изменением климата, скорее всего, превысили любые потенциальные выгоды, связанные с повышением концентрации CO₂ за последние пятьдесят лет.

В случае соевых бобов и риса наблюдается обратная тенденция: чистое положительное влияние изменения климата на их урожайность превышает 4 %. Профессор Дэвид Лобелл, ведущий автор исследования, в пресс-релизе отметил, что климатология проделала выдающуюся работу

по прогнозированию глобального воздействия на основные зерновые культуры и подчеркнул важность продолжения использования научных данных для принятия политических решений.

Он также добавил, что для специализированных культур, таких как кофе, какао, апельсины и оливки — которые «не так широко моделируются», как основные товарные культуры — могут существовать «слепые пятна». По его словам, эти культуры сталкиваются с проблемами в поставках и ростом цен. Хотя они имеют меньшее значение для глобальной продовольственной безопасности, их изменения могут быть более заметны для потребителей, которые в противном случае могли бы не замечать последствий изменения климата.

Поиски золотого стандарта в земледелии против выбросов парниковых газов продолжаются³

Фермеры применяют азотные удобрения к посевам, чтобы повысить урожайность, прокормить больше людей и скота. Но когда удобрений больше, чем может усвоить урожай, часть излишков может быть преобразована в газообразные формы, включая закись азота, парниковый газ, который удерживает в атмосфере почти в 300 раз больше тепла, чем углекислый газ. Около 70% антропогенного закиси азота поступает из сельскохозяйственных почв, поэтому жизненно важно найти способы ограничить эти выбросы.

Прежде чем рекомендовать методы снижения выбросов закиси азота и других парниковых газов из сельскохозяйственных почв, ученые должны сначала понять, где и когда они высвобождаются. Отбор проб выбросов из почвы - трудоемкий и дорогостоящий процесс, поэтому большинство исследований не проводили обширный отбор проб в пространстве и времени.

Новое исследование Университета Иллинойса в Урбане-Шампейне попыталось изменить это, тщательно отбирая пробы закиси азота и углекислого газа с коммерческих полей кукурузы и сои в рамках практических сценариев управления в течение нескольких лет, пишет Лорен Куинн в ре-

³ Источник: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mnenija-kommentarii/poiski-zolotogo-standarta-v-zemledelii-protiv-vybrosov-parnikovyh-gazov-prodolzhayutsja.html> Опубликовано 22.04.2025

лизе Колледжа сельскохозяйственных, потребительских и экологических наук при Иллинойском университете в Урбане-Шампейне.

Этот набор данных может не только привести к рекомендациям по смягчению последствий, но и уточнить климатические модели, которые предсказывают наше глобальное будущее. Исследование опубликовано в журнале *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

«Снижение выбросов парниковых газов сельскохозяйственными почвами может помочь нам достичь глобальных климатических целей. Высокое пространственное и временное разрешение, крупномасштабные и многолетние данные необходимы для разработки обоснованных стратегий смягчения. До нашего исследования таких наборов данных просто не существовало», — сказал соавтор исследования Чунхва Джанг, научный сотрудник кафедры растениеводства, входящей в Колледж сельскохозяйственных, потребительских и экологических наук в Университете Иллинойса в Урбане-Шампейне.

Джанг и его коллеги под руководством Кайю Гуаня из Центра устойчивости агроэкосистем создали самый обширный набор данных, который когда-либо был доступен для выбросов закиси азота и углекислого газа на фермах. Они разместили большую сеть точек отбора проб газа на коммерческих полях кукурузы и сои при традиционном, природоохранном и нулевом управлении.

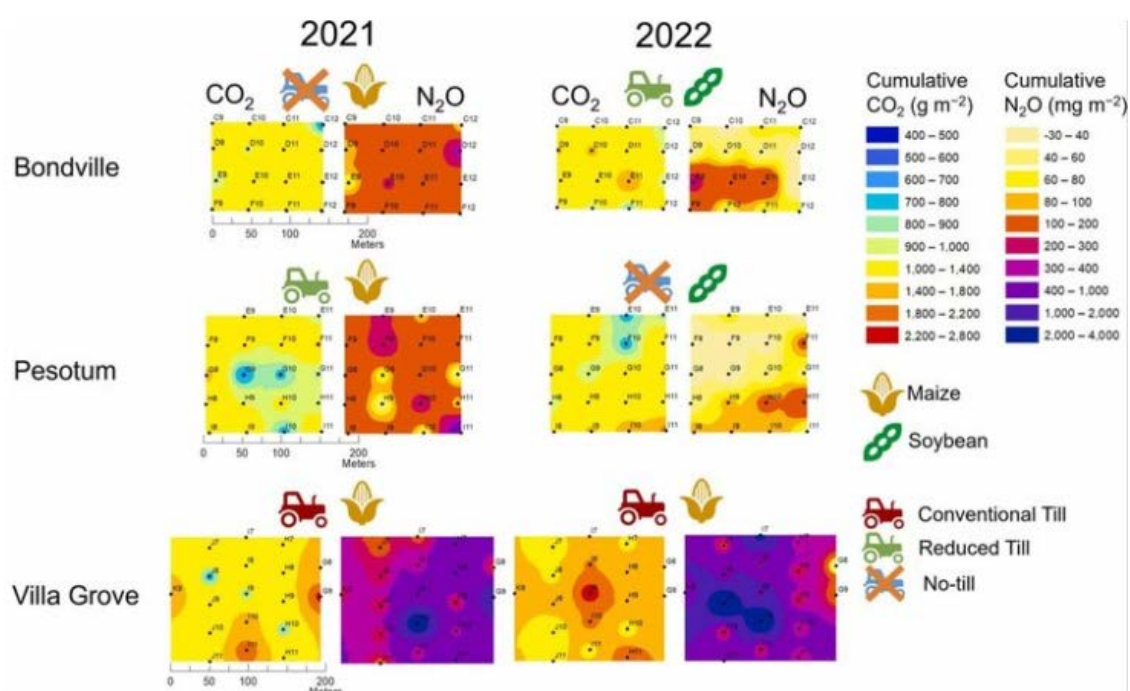
Представьте себе поле, оснащенное крошечными дымовыми трубами на уровне земли, выкачивающими газы из почвы. Исследователи приезжали с машинами, чтобы измерять концентрацию этих газов еженедельно или раз в две недели в течение сезона в течение двух лет. Дымовые трубы, которые постоянно выкачивали высокие концентрации газов, назывались горячими точками. Горячие моменты наступали, когда концентрации повышались в большинстве или во всех дымовых трубах после таких событий, как осадки или внесение удобрений.

«Мы обнаружили, что поток углекислого газа был схожим на отдельных полях, участках и в разные годы, или даже между системами кукурузы и сои. Эти результаты говорят нам, что выбросы углекислого газа постоянны и что выборка с высоким пространственным разрешением, вероятно, достаточна для оценки потока в масштабах всего поля», — рассказал Джанг.

С другой стороны, закись азота была какой угодно, но не постоянной. Мало того, что количество закиси азота в конкретной «дымовой трубе» резко колебалось от одного сеанса отбора проб к другому (горячие моменты), исследователи обнаружили, что они не могли предсказать, где в поле они найдут горячие точки в

«В пространстве и времени закись азота была очень изменчивой, - говорит Джанг. - В один день точка А переживала горячий момент, а затем при следующем измерении мы обнаруживали горячие моменты в точках В и С. Горячие точки просто перемещались».

Это открытие важно, потому что если предыдущие исследования брали пробы только в паре мест или в пару дат, их оценки потока закиси азота могли быть очень неверными. Эти измерения информируют глобальные климатические модели, которые говорят нам, как скоро мы достигнем критических точек невозврата, поэтому крайне важно, чтобы они были максимально точными.



Карты интерполяции обратного взвешивания расстояний (IDW) сезонных кумулятивных потоков CO₂ в почве (левый столбец каждого года) и N₂O (правый столбец каждого года), измеренных ручными камерами на трех участках (Бондвилл, Вилла-Гроув и Песотум) за оба года (2021 и 2022).

«Этот проект позволил нам зафиксировать пространственно-временные и управленческие изменения, чтобы предоставить данные золотого стандарта и платформу для проверки выбросов парниковых газов на уровне поля. Это необходимо для устойчивых практик, чтобы обеспечить как спрос на продовольствие, так и на биоэнергию и минимизировать вы-

бросы в атмосферу», - сказал соавтор исследования До Кён Ли, профессор растениеводства в Иллинойсе.

Результаты также показали, как системы управления и земледелия влияют на выбросы парниковых газов. Выбросы углекислого газа были схожи для севооборота кукурузы и сои, а также для консервационной и нулевой обработки, но традиционная чизельная обработка и кукуруза в монокультуре показали более высокие концентрации. С другой стороны, закись азота была намного выше в кукурузе, чем в сое при консервационной и нулевой обработке, и почти зашкаливала в непрерывной кукурузе при чизельной обработке.

Количество точек отбора проб для Бондвилля, 2021, и Вилла-Гроув, 2022, увеличилось до сорока, но эти дополнительные точно не отображались, чтобы сделать сравнение между годами визуально более простым. Различные значки для посаженных культур (кукуруза и соя) и методов обработки почвы (традиционная обработка, сокращенная (консервационная) обработка и нулевая обработка) были размещены над картами, чтобы указать управление каждым участком и годом. Вверху справа - цветовые коды диапазонов потоков, предназначенные для представления распределения потоков по участкам и годам.

«Мы не можем предсказать, где и когда произойдет всплеск закиси азота, но мы знаем, что управление имеет значение. При непрерывном выращивании кукурузы фермерам приходится применять большие объемы азотных удобрений, которые превращаются в закись азота. А традиционная обработка почвы нарушает поверхность почвы и выделяет газ. Мы знаем, что делать, чтобы смягчить это», - заключил Джанг.

Как накормить мир, не нанося вреда природе: поиски устойчивого баланса в сельском хозяйстве⁴

Санджана Гаджбие

По мере роста численности населения мира возрастает давление на сельскохозяйственные системы и природное биоразнообразие. То, как мы производим пищу, напрямую влияет на здоровье планеты. От пшеничных полей Среднего Запада до рисовых плантаций Юго-Восточной Азии — сельскохозяйственные угодья продолжают расширяться и быстро трансформироваться. Но какой ценой?

На протяжении десятилетий экологи и политики обсуждали две ключевые стратегии увеличения производства продовольствия. Первая — экстенсификация (расширение): это освоение новых земель под сельское хозяйство. Вторая — интенсификация: повышение урожайности на уже используемых землях за счёт применения таких высокзатратных методов, как пестициды, удобрения и системы орошения.

Существует распространённое мнение, что интенсификация наносит меньший ущерб биоразнообразию по сравнению с расширением. Однако новое исследование, проведённое учёными из Университетского колледжа Лондона (UCL), ставит под сомнение это предположение.

Результаты исследования ставят под сомнение устоявшиеся представления и подчеркивают необходимость более обоснованного и гибкого подхода в формировании сельскохозяйственной политики и стратегии охраны природы. Авторы работы призывают переосмыслить, каким образом можно добиться устойчивого баланса между продовольственной безопасностью и сохранением окружающей среды.

Расширение и интенсификация фермы

На первый взгляд, интенсификация сельскохозяйственных угодий может показаться оптимальным решением. Она предполагает получение большего объёма продовольствия с той же площади земли, позволяя сохранить природные экосистемы от дальнейшего преобразования. Однако

⁴ Источник: Sanjana Gajbhiye. Feeding the world without harming nature: The complex balance of farming / <https://www.earth.com/news/feeding-the-world-without-harming-nature-the-complex-balance-of-farming/> Опубликовано 5.04.2025

исследование, проведенное доктором Сильвией Чаушу из Центра исследований биоразнообразия и окружающей среды Университетского колледжа Лондона (UCL), указывает на наличие более глубокой и неоднозначной проблемы.

Доктор Чаушу подчёркивает, что обеспечение продовольствием растущего населения планеты сопровождается серьёзной ценой для биоразнообразия. По её словам, результаты нового исследования показывают, что реальная ситуация гораздо сложнее, чем принято считать.

Используя обширный глобальный массив данных, исследователи проанализировали влияние сельского хозяйства на биоразнообразие вблизи ферм, выращивающих кукурузу, пшеницу, рис и сою — четыре культуры, на долю которых приходится более половины мирового потребления калорий.

Учёные сосредоточили внимание на территориях, где сохранилась природная растительность, за исключением полностью диких, нетронутых участков. Оценка биоразнообразия проводилась по трём ключевым показателям: видовому богатству, общему числу особей и степени распространённости видов.

Результаты показали, что как расширение, так и интенсификация сельскохозяйственных угодий негативно сказываются на биоразнообразии. Однако масштаб этого воздействия варьируется в зависимости от региона, типа выращиваемых культур и характера природной растительности. В некоторых районах именно интенсификация оказывала более разрушительное влияние на местные экосистемы, чем преобразование новых земель под сельское хозяйство.

Повышение урожайности на фермах может нанести вред биоразнообразию

Современные подходы к сельскохозяйственному планированию во многом ориентированы на так называемую «ликвидацию разрывов в урожайности» — увеличение производства в регионах, где фактическая урожайность значительно ниже потенциальной. Основная идея заключается в том, чтобы повысить эффективность существующих угодий и, таким образом, сократить потребность в освоении новых земель.

Однако результаты нового исследования указывают на то, что такая стратегия может иметь серьёзные экологические последствия. Повышение урожайности — особенно с применением высокзатратных агротехнических методов — нередко сопровождается ухудшением состояния экоси-

стем и утратой биоразнообразия, особенно в чувствительных природных зонах.

Это ставит под сомнение представление об интенсификации как о безопасном компромиссе между сельским хозяйством и сохранением природы. Более того, исследование указывает на то, что даже хорошо задуманные природоохранные политики могут давать обратный эффект, если они безоговорочно отдают предпочтение интенсификации без учета регионального контекста и экологических последствий.

Влияние таких стратегий выходит далеко за рамки отдельных стран. Международные торговые соглашения, как правило, ограничивают импорт продукции, произведённой на недавно освоенных землях, но при этом поощряют товары с интенсифицированных ферм. Однако такое разделение может оказаться чрезмерно упрощённым, особенно если эти фермы расположены в районах с высоким уровнем биоразнообразия, где экологический ущерб может быть особенно значительным.

Сложность вместо простоты в аграрной политике

Одним из ключевых выводов исследования стало осознание того, что универсального решения не существует. Каждый ландшафт уникален, и подходы, эффективно работающие в условиях умеренных монокультур, могут оказаться неэффективными в тропических регионах с мозаичным землепользованием. Такое разнообразие делает применение единой сельскохозяйственной политики крайне затруднительным.

Профессор Тим Ньюболд из Университетского колледжа Лондона (UCL) подчеркнул, что простые рецепты — например, предпочтение интенсификации вместо расширения — не всегда приводят к желаемым результатам. По его словам, устойчивое сельское хозяйство требует гибких, адаптированных к местным условиям решений, поскольку универсального подхода просто не существует.

Вместо того чтобы опираться на универсальные стратегии, аграрная политика должна основываться на учёте конкретных экологических, социальных и сельскохозяйственных условий. Это предполагает более глубокое понимание локального контекста: какие виды находятся под угрозой исчезновения, как функционируют местные экосистемы, и какая естественная растительность сохранилась вблизи сельскохозяйственных угодий.

Речь идёт не только о том, где и как мы ведём сельское хозяйство, но и о том, кто обитает в этих ландшафтах — и какие формы жизни могут быть утрачены по мере усиления сельскохозяйственной интенсификации.

Методы ведения сельского хозяйства и их влияние на биоразнообразие

Помимо экологического ущерба, исследование также затрагивает эволюционные последствия изменений, вызванных сельским хозяйством. С ростом интенсификации сельского хозяйства меняются целые экосистемы.

Выживают только те виды, которые способны адаптироваться к изменившимся условиям. С течением времени это ведёт к отбору универсальных черт — тех, которые наиболее приспособлены к жизни в упрощённых, управляемых человеком ландшафтах.

Этот процесс, описанный в исследовании как «сдвиг в эволюционных фильтрах», может постепенно приводить к снижению видового разнообразия и увеличению гомогенности в сообществах диких животных.

Специалисты, которые зависят от сложных и нетронутых экосистем, исчезают одними из первых. Это не только отражается на статистике биоразнообразия, но и нарушает функционирование и устойчивость экосистем.

В интенсифицированных ландшафтах природа становится проще. И хотя такая упрощённость может казаться эффективной для сельского хозяйства, она редко оказывается полезной с экологической точки зрения.

Переосмысление использования сельскохозяйственных земель

Хотя исследователи не поддерживают расширение сельскохозяйственных угодий на нетронутые природные территории, они также предупреждают от упрощённого мнения, что интенсификация всегда приносит пользу. В некоторых случаях освоение уже деградировавших или маргинальных земель может оказаться менее разрушительным, чем извлечение большего урожая с интенсивно обрабатываемых участков.

Цель состоит не в том, чтобы выбрать один из этих путей, а в разработке таких сельскохозяйственных систем, которые будут полезны как людям, так и планете.

Доктор Ньюболд подчеркнул, что расширение сельскохозяйственных угодий за счёт нетронутых природных территорий не рекомендуется, так как сохранение таких неизменённых ландшафтов крайне важно для планеты.

Иными словами, любое новое освоение земель должно избегать первичных лесов, водно-болотных угодий и других экосистем, богатых биоразнообразием. Главная задача заключается в идентификации и управлении ландшафтами с низким уровнем риска, при этом исключая дальнейшую интенсификацию, которая может вывести экосистемы за пределы возможности восстановления.

Роль потребителей

Для потребителей ситуация остаётся сложной. Трудно точно определить, насколько устойчив тот или иной продукт, особенно учитывая, что его воздействие может значительно различаться в зависимости от региона и культуры. Тем не менее, отдельные люди всё ещё обладают определённой властью.

Исследователи рекомендуют сокращать объёмы пищевых отходов и потребление мяса. Оба этих шага снижают спрос на сельскохозяйственную продукцию и, как следствие, уменьшают давление на биоразнообразие.

Хотя такие изменения могут показаться незначительными на индивидуальном уровне, при массовом внедрении они способны привести к существенным позитивным сдвигам.

Баланс между сельским хозяйством и биоразнообразием

С учётом разворачивающегося климатического кризиса и растущей продовольственной нестабильности мировое сообщество сталкивается с рядом сложных вопросов. Как производить достаточно продовольствия, не жертвуя биоразнообразием? Сможем ли мы найти место для природы и одновременно накормить миллиарды людей?

Новое исследование даёт чёткий ответ: решения не будут найдены в простых лозунгах или универсальных политиках. Они появятся только благодаря подробным данным, учёту местного контекста и готовности принять всю сложность проблемы.

Накормить мир — это не просто техническая задача, а глубоко экологический вызов. От того, как мы ответим на него сегодня, зависит, каким будет мир, доставшийся будущим поколениям.

Влияние зимнего потепления на глобальные растительные сообщества⁵

Санджана Гаджбие

Многие эксперименты по изучению последствий потепления могут давать неполную картину. Исследователи из Мичиганского государственного университета обнаружили, что исследования, сосредоточенные исключительно на летних тепловых волнах, могут недооценивать общий эффект изменения климата.

Растения также переживают зимний период, и игнорирование потепления в холодное время года приводит к упущению важных процессов, таких как рост корней и круговорот питательных веществ.

В своем последнем глобальном метаанализе, опубликованном в журнале *Global Change Biology*, авторы проанализировали 126 экспериментов, проведенных в условиях открытых тепличных камер. Исследования охватывали 13 различных признаков растений, изучаемых в разнообразных экосистемах — от Антарктиды до штата Мичиган.

Обширный набор данных позволил выявить, как такие характеристики, как биомасса, содержание азота и фенология цветения, реагируют на повышение температуры.

Эксперименты, рассчитанные только на лето, не приносят результата

Фиби Зарнецке, профессор кафедры интегративной биологии Мичиганского государственного университета, отметила, что этот важный глобальный синтез последствий потепления для растений в различных экосистемах может быть использован для разработки моделей будущих климатических изменений.

Она подчеркнула, что круглогодичное потепление вызвало более выраженные изменения: надземная биомасса, масса плодов и рост листьев показали значительное увеличение, тогда как сезонное (только летнее) потепление вызвало более слабые эффекты.

⁵ Источник: Sanjana Gajbhiye. Warming winters may reshape global plant communities / <https://www.earth.com/news/warming-winters-may-reshape-global-plant-communities/> Опубликовано 24.06.2025

Зарнецке также указала, что содержание азота в надземной части растений заметно снизилось только при круглогодичном потеплении.

По её мнению, эксперименты, игнорирующие зимний период, могут пропустить важные экологические изменения. В исследовании предполагалось, что многие предыдущие эксперименты, сосредоточенные только на летнем потеплении, могли недооценивать реакцию растений на климатические изменения.

Потепление изменяет свойства растений

Исследователи классифицировали реакции растений по четырём группам признаков: ростовые, репродуктивные, химические и фенологические. Некоторые из этих реакций оказались предсказуемыми.

Потепление способствовало увеличению роста листьев (G Хеджеса = 0,54) и подземной биомассы ($G = 0,60$). Кроме того, оно вызвало более ранние весенние фенофазы, хотя этот эффект был слабым ($G = -0,12$).

Однако не все изменения были положительными. Содержание азота в надземной части растений снизилось ($G = -0,41$), что, вероятно, связано с эффектом разбавления питательных веществ. Вес плодов увеличивался с широтой, демонстрируя более выраженную реакцию в более холодных регионах.

В более холодных регионах наблюдаются более существенные изменения в растительном мире

С увеличением широты репродуктивные признаки растений становились более чувствительными. Количество плодов и их масса значительно возрастали в более высоких широтах. Кроме того, сроки наступления весны наступали более резко вблизи полюсов.

Растения, обитающие вблизи северных границ, также демонстрировали рост под влиянием потепления, что, вероятно, связано с большей климатической изменчивостью в этих районах.

Эта изменчивость может способствовать их быстрой адаптации. Виды, обитающие дальше от северных границ, демонстрировали менее выраженные или даже отрицательные изменения.

Реакции на потепление стабилизируются с течением времени

Краткосрочные эксперименты выявляли более значительные изменения признаков. Со временем сообщества растений могут адаптироваться, что приводит к уменьшению выраженности наблюдаемых эффектов. Например, продолжительность жизни цветка и количество плодов демонстрировали более слабые изменения в более длительных исследованиях.

Данная закономерность позволяет предположить, что пластические реакции растений могут ослабевать или стабилизироваться со временем. Круглогодичное потепление более адекватно моделирует будущие климатические условия, особенно с учётом ожидаемого повышения температуры зимой.

Не все виды реагируют одинаково

В исследовании отмечалось, что не все виды реагируют на потепление одинаково. Значительную роль играли формы роста: злаки и травы реагировали на 9 из 13 изучаемых признаков. Кустарники также демонстрировали изменения, связанные с потеплением, включая увеличение процента покрытия и урожайности плодов.

С другой стороны, бриофиты и лишайники сокращались при повышении температуры — их процентное покрытие уменьшалось, в то время как сосудистые растения процветали. Такой контраст мог нивелировать общие тенденции на уровне сообществ, маскируя специфические изменения у менее заметных видов.

Авторы исследования указывали, что неместные виды могут выиграть от будущих климатических условий. Однако, по их мнению, данные по таким видам оставались ограниченными, и количество информации о реакциях чужеродных видов было слишком скудным для вынесения серьёзных выводов.

Для изучения последствий потепления требуется больше данных о разнообразии растений

Лаборатория SpaCE под руководством Фиби Зарнецке предоставила один из 126 наборов данных. Их долгосрочные эксперименты по потеплению на биологической станции Келлогг зафиксировали сезонные изменения, которые часто остаются незамеченными в других исследованиях.

Кара Добсон подчеркнула, что данное исследование уникально по масштабу собранного набора данных, объединяющего результаты экспериментов со всего мира и со всех континентов, включая Антарктиду.

Команда исследователей рекомендовала более широко включать в эксперименты различные виды растений. Особое внимание, по их мнению, следует уделять неаборигенным и несосудистым растениям, поскольку без их учета прогнозы последствий потепления могут оставаться искаженными.

Изменение климата требует более совершенных моделей

В исследовании отмечалось, что многие предыдущие работы по потеплению рассматривали лишь один контекст — например, летний сезон, определённые виды или отдельные регионы. Анализ показал, что ни одна отдельная характеристика не может рассказать всю картину полностью.

Авторы подчеркнули, что потепление оказывает разное влияние на растения в зависимости от широты, типа растений и продолжительности эксперимента. В то же время они отметили, что скоординированные глобальные инициативы, такие как сети LTER и WaRM, начинают заполнять существующие пробелы в знаниях.

По их мнению, растения не являются пассивными объектами воздействия: они адаптируются, приходят в упадок или расцветают, иногда одновременно проявляя все эти реакции. Для полного понимания таких изменений необходимо рассматривать влияние потепления с учётом всех сезонов и экосистем, а не только в периоды максимальной солнечной активности.

Новое исследование подчеркивает угрозу глобальной засушливости для сельского хозяйства⁶

Кэтрин Роденмейер

Долгосрочный сдвиг в сторону более сухих условий значительно меняет ландшафты и образ жизни по всему миру. Эта медленно развивающаяся тенденция, называемая аридификацией, затрагивает уже 2,3 млрд человек и 40% суши Земли. Такие изменения имеют серьезные последствия для сельского хозяйства и водных систем, особенно в США. От Центральной долины Калифорнии до Великих равнин, которые часто называют житницей мира, фермеры сталкиваются с трудными решениями о том, что сажать, как организовывать орошение и как адаптироваться к будущему, в котором вода больше не будет гарантированным ресурсом.

Эти выводы были опубликованы в статье журнала *Nature Water* под названием «Усиление засушливости требует срочных глобальных адаптивных решений и политических действий», подготовленной под руководством вице-президента и профессора Университета штата Миссисипи Нарцисы Прикоп в сотрудничестве с группой международных ученых.

Джули Джордан, вице-президент по исследованиям и экономическому развитию, отметила, что Университет штата Миссисипи занимает лидирующую позицию в решении глобальных проблем через исследования, оказывающие реальное влияние. Она подчеркнула, что работа доктора Прикоп является примером того, как ученые университета связывают международную науку с практическими решениями, которые формируют политику и практику, направленные на укрепление устойчивости по всему миру.

Исследование было представлено на Конференции ООН по борьбе с опустыниванием — глобальной платформе, где наука встречается с политикой. На этой конференции Прикоп и её команда помогли информировать международные стратегии по решению проблемы нарастающего риска долгосрочного высыхания, которое представляет собой не просто временные засухи, а постоянное снижение уровня водообеспеченности.

Прикоп заявила, что это исследование имеет реальные последствия для Миссисипи. Она объяснила, что, когда земли высыхают, страдают не

⁶ Источник: Kathryn Rodenmeyer. New study highlights global aridification, threat to agriculture / <https://phys.org/news/2025-04-highlights-global-aridification-threat-agriculture.html> Опубликовано 27.04.2025

только фермеры, но и управление водными ресурсами становится сложнее, экосистемы испытывают стресс, а сельские общины, уже находящиеся в трудном положении, сталкиваются с ещё большими проблемами.

Работа группы, по её словам, направлена на поиск решений, которые помогут Миссисипи и США оставаться на шаг впереди. Среди таких решений — более эффективные стратегии орошения, улучшенный мониторинг с помощью анализа данных, выращивание засухоустойчивых культур и восстановление деградированных земель для удержания большего количества воды и снижения долгосрочного риска.

Они подчеркнули необходимость перехода от реагирования на кризисы к перспективному планированию, объединяя управление водными ресурсами, восстановление земель и поддержку сельского хозяйства в одну скоординированную стратегию.

Прикоп отметила, что засушливость — это не просто глобальная проблема, которая мало влияет на жизнь в Миссисипи и США. Она подчеркнула, что необходимо действовать немедленно, чтобы защитить фермы, леса и семьи.

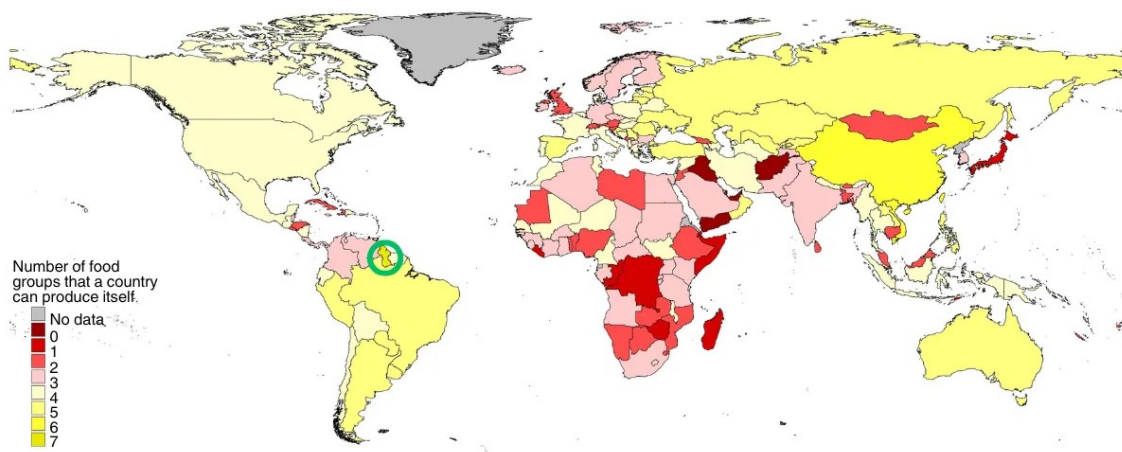
Исследование: только одна страна в мире производит всю необходимую ей еду⁷

Из 186 стран мира только Гайана производит достаточно еды, чтобы прокормить всех своих граждан, не обращаясь к импорту. Эти выводы следуют из совместного исследования учёных Эдинбургского университета и Гёттингенского университета имени Георга Августа.

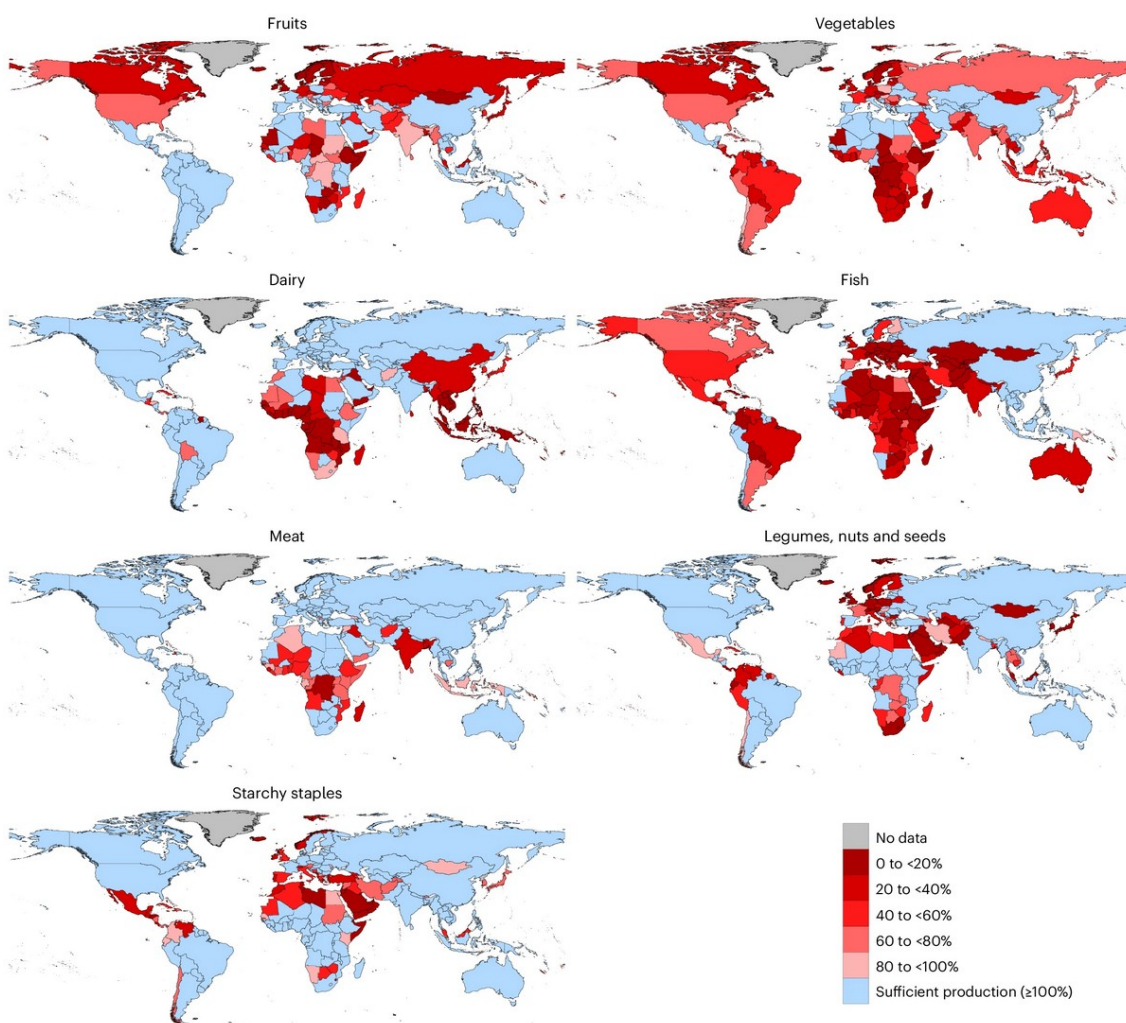
Научная группа поставила цель выяснить, насколько успешно каждая страна способна обеспечивать своё население семью группами продуктов питания: фруктами, овощами, молочными продуктами, рыбой, мясом, растительным белком и продуктами с высоким содержанием крахмала.

Исследование показало, что 65% стран производят больше мяса и молочных продуктов, чем требуется для удовлетворения пищевых потребностей их населения.

⁷ Источник: <https://habr.com/ru/news/912382/> Опубликовано 24.05.2025



После южноамериканской Гайаны следуют Китай и Вьетнам, которые в состоянии производить достаточное количество продовольствия по шести группам из семи.



Одновременно с этим во множестве стран мира учёные наблюдали дефицит богатых питательными веществами растений. Только менее половины стран производят достаточно растительного белка, включая фасоль, нут, чечевицу, орехи и крупу. Также только менее половины стран производят необходимый объём продуктов с высоким содержанием крахмала. Порядка 24% стран выращивали достаточно овощей.

Европа и Южная Америка в целом оказались ближе к самодостаточности, чем другие регионы. Малые островные государства, страны Аравийского полуострова и страны с низким уровнем дохода были склонны полагаться на импорт продовольствия.

Афганистан, ОАЭ, Ирак, Макао, Катар и Йемен не производили достаточного количества продуктов ни в одной группе, чтобы считаться самодостаточными в какой-либо из этих категорий.

Economic union	Legumes, nuts and seeds	Starchy staples	Dairy products	Fish and fish products	Fruits	Meat and meat products	Vegetables	Number of groups $\geq 100\%$
AFTA	174	220	4	164	124	149	61	5
CACM	144	32	119	25	356	201	65	4
CAN	55	104	147	217	295	307	46	5
CARICOM	97	71	28	28	149	118	34	2
CEMAC	403	170	21	43	163	151	54	4
EAC	264	148	93	35	179	66	45	3
EACU	132	288	338	97	38	395	86	4
EUCU + UK	58	156	468	33	146	495	80	4
GCC	0	6	89	47	88	163	52	1
MERCOSUR	2,323	307	286	32	202	761	45	5
SAARC	167	156	230	39	80	49	70	3
SACU	22	127	88	51	151	315	35	3
USMCA	1,041	172	335	48	103	615	71	5
WEMU	522	178	38	27	75	83	81	2

Низкую самодостаточность нельзя назвать плохой самой по себе, объясняет ведущий автор исследования из Гёттингенского университета Йонас Штель. Он указал на веские и часто выгодные причины, по которым страна может не производить большую часть необходимого ей продовольствия.

Например, в стране может не быть достаточного количества осадков, плодородной почвы или стабильной температуры для выращивания необходимого объёма продовольствия для своего населения. Импорт продуктов из более подходящих для производства регионов также может оказаться выгоднее, пояснил Штель.

«Однако низкий уровень самообеспеченности может снизить способность страны реагировать на внезапные глобальные потрясения в обла-

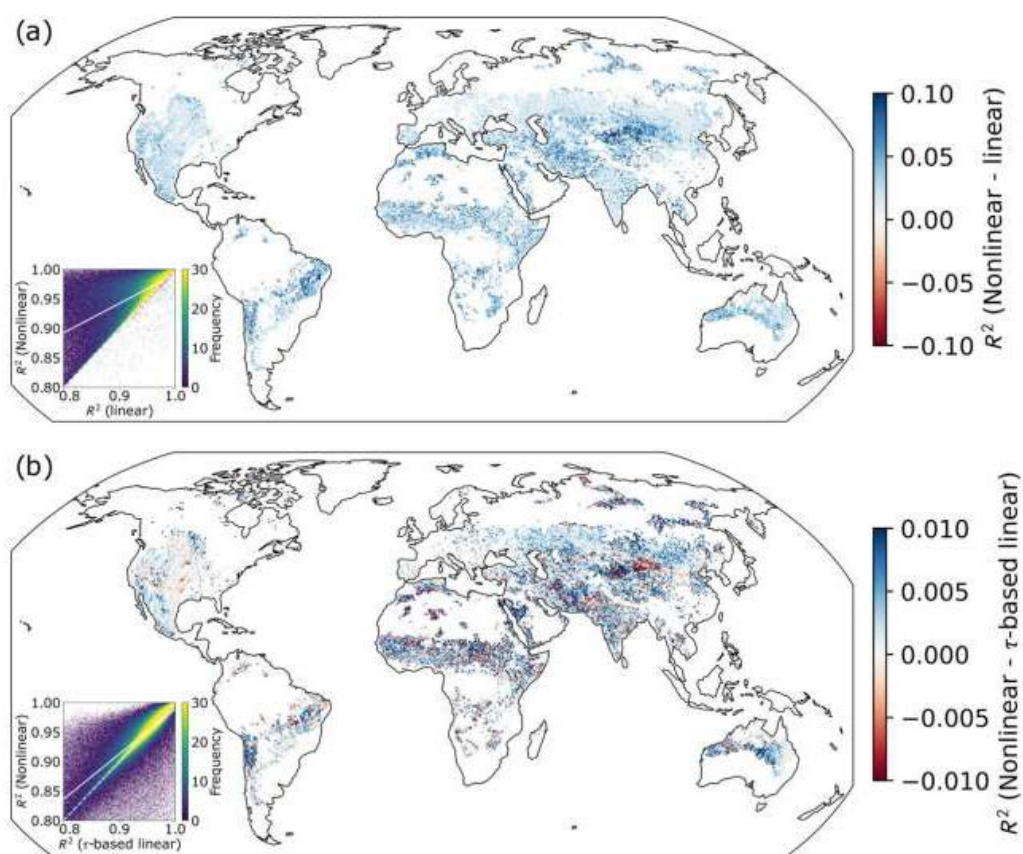
сти поставок продовольствия, такие как засухи, войны или запреты на экспорт», — подчеркнул учёный.

В рамках своей работы научная группа измерила объёмы производства продовольствия в каждой стране. Затем учёные сравнили эти данные с тем, что необходимо для удовлетворения потребностей людей в питании, согласно диете Livewell Всемирного фонда дикой природы, которая ориентирована на растительную пищу.

Моделирование и аналитика

Детализированная модель влажности почвы помогает понять поведение растений и климат⁸

Любой домашний садовод знает, что для разных растений требуется свой режим полива. Если забыть полить клумбу на выходных, это может привести к серьёзным последствиям, тогда как с деревьями обычно всё будет в порядке. Растения выработали разные стратегии управления расходом воды, однако модели влажности почвы до сих пор в основном игнорируют эти особенности.



Исследователи из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре и Государственного университета Сан-Диего искали способ выйти за рамки

⁸ Источник: A nuanced model of soil moisture illuminates plant behavior and climate patterns / <https://phys.org/news/2025-07-nuanced-soil-moisture-illuminates-behavior.html> Опубликовано 8.07.2025

простых моделей «включено/выключено» и учесть все тонкости того, как растения справляются с водным стрессом. Для этого они разработали нелинейную модель, позволяющую отслеживать такое поведение растений на основе спутниковых данных. Их методология, опубликованная в журнале *Geophysical Research Letters*, позволит улучшить климатические модели и поможет разработать более эффективные стратегии управления водными ресурсами.

Как высыхают почвы

После дождя вода может двигаться по разным путям. Она может уходить вниз — стекать с поверхности в ручьи и реки или просачиваться в глубокие водоносные горизонты. Либо же вода может подниматься вверх — испаряться непосредственно из почвы или поступать в корни растений, которые затем передают влагу через листья обратно в атмосферу. Учёные называют эти два последних процесса эвапотранспирацией.

То, как высыхают почвы, оказывает влияние на экологию, погодные условия и глобальные циклы ресурсов. К сожалению, до недавнего времени учёным не хватало масштабных данных о процессах высыхания почв, поэтому они в основном опирались на численное моделирование.

Ведущий автор исследования Рёко Араки, совместный докторант Калифорнийского университета в Санта-Барбаре и Государственного университета Сан-Диего, отметил, что, несмотря на важность влажности почвы как ключевого компонента гидрологического поведения, большинство моделей не используют эти данные. По его словам, данные о влажности почвы трудно собрать и сложно интегрировать в модели, поэтому учёные обычно ориентируются на осадки или скорость речного стока.

Араки также объяснил, что классические модели предполагают, что все растения сокращают транспирацию с одинаковой скоростью и в одни и те же сроки, независимо от того, молодые они или старые, летние или зимние, деревья или травы, маленькие или большие.

Авторы отметили, что использование упрощённых моделей облегчает анализ и проведение экспериментов, но при этом не учитывает поведение растений, которое во многом определяет процесс высыхания почвы. Они подчеркнули, что включение взаимодействия между растениями и почвой должно повысить точность и предсказательную способность моделей. Кроме того, исследователи считают, что если исключение поведения растений приводит к линейной модели, то внедрение нелинейной модели может помочь глубже изучить стратегии водопользования.

Построение новой модели

Араки начала с построения линейной модели эвапотранспирации, основанной на времени и влажности почвы. Затем она ввела нелинейную переменную, чтобы учесть, как растения изменяют свое водопотребление в зависимости от уровня влажности почвы.

В отличие от учёных прошлых десятилетий, Араки и её соавторы имели доступ к огромному объёму данных, которые они использовали для проверки новой модели на основе измерений влажности почвы. Для этого они применили данные спутника НАСА SMAP, который с помощью микроволн измеряет среднюю влажность почвы по всей поверхности Земли.

Авторы обнаружили, что нелинейный подход значительно лучше согласуется со спутниковыми данными по сравнению с двумя основными линейными моделями. Они также выяснили, что линейные модели склонны переоценивать скорость эвапотранспирации, предсказывая более быстрое высыхание почв, чем происходит на самом деле. Точный учёт этого процесса особенно важен для регионов, сталкивающихся с постоянной нехваткой воды.

По словам Араки, некоторые её коллеги критикуют нелинейную модель за излишнюю сложность. Они отмечают, что, несмотря на более точные прогнозы, дополнительный параметр усложняет её применение.

Араки признаёт критику, но утверждает, что полученные результаты оправдывают такой компромисс. Она отмечает, что несмотря на большую сложность, нелинейная модель лучше соответствует данным и отражает больше особенностей поведения системы. Кроме того, она предоставляет возможности для изучения адаптации растений.

Соавтор исследования Брин Морган, бывший докторант Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, а ныне постдокторант Массачусетского технологического института, пояснил, что трудно измерить, как растения управляют поглощением воды в ответ на изменяющиеся условия окружающей среды. Он задаётся вопросом, продолжают ли растения расти изо всех сил, пока у них есть хоть какой-то запас воды, или же полностью прекращают транспирацию, чтобы избежать повреждения тканей.

Как рынок сельскохозяйственной аналитики формирует будущее агросектора⁹

Необходимость поддерживать производство продуктов питания, рационально используя ресурсы и противодействуя климатическим вызовам, стимулирует трансформацию современного сельского хозяйства посредством передовой аналитики. Использование спутниковых снимков, прогнозирования погоды, моделей оценки урожайности и систем мониторинга развития и распространения вредителей позволяет получать цифровые данные, которые помогают принимать обоснованные решения в режиме реального времени и повышают операционную эффективность фермерских хозяйств любого масштаба.

Обзор рынка

Рынок сельскохозяйственной аналитики демонстрирует стремительный рост, обусловленный увеличением спроса на точное земледелие и цифровые решения для сельского хозяйства. В 2024 г. его стоимость оценивается в \$6,49 млрд, а к 2030 г., согласно прогнозам, достигнет \$14,22 млрд, при среднем годовом темпе роста (CAGR) 14,4% в течение прогнозируемого периода. Лидирующее положение на рынке занимает Северная Америка, что объясняется широким внедрением высокотехнологичных систем наряду с инструментами принятия решений на основе искусственного интеллекта. Азиатско-Тихоокеанский регион является наиболее быстро растущим рынком благодаря активным программам цифровизации сельского хозяйства, расширению доступа к интернету и государственным инициативам в Индии, Китае и странах Юго-Восточной Азии. Крупнейшими игроками на мировом рынке сельскохозяйственной аналитики являются компании *Trimble Inc.*, *IBM Corporation*, *Wipro*, *SAP SE*, *Iteris*, *Taranis*, *Oracle Corporation*, *Conservis Corporation*, *Geosys Inc.* и другие.

⁹ Источник: Agriculture Analytics Market Powers the Future of Data-Driven Farming Practices / <https://www.globalagtechinitiative.com/digital-farming/analytics/agriculture-analytics-market-powers-the-future-of-data-driven-farming-practices/> Опубликовано 20.06.2025

Аналитика как основа разумных решений в сельском хозяйстве

Внедрение аналитики в сельское хозяйство меняет фермерские операции на всех этапах — от планирования затрат и мониторинга посевов до прогнозирования урожая и управления цепочками поставок. Сегодня фермеры всё чаще применяют науку о данных и искусственный интеллект, переводя свои управленческие стратегии с интуитивных решений на решения, основанные на фактических данных.

Прогнозирование урожайности и моделирование сельскохозяйственных культур: использование исторических и текущих данных для точной оценки будущей урожайности.

- **Аналитика погоды и климата:** эффективное планирование сроков посадки и сбора урожая на основе анализа гиперлокальных погодных условий.
- **Картографирование почвы и полей:** создание подробных карт полей для оптимального определения норм посева и внесения удобрений.
- **Обнаружение вредителей и болезней:** выявление закономерностей для прогнозирования рисков и применения точечных мер защиты растений.
- **Финансовая аналитика фермерских хозяйств:** интегрированные панели мониторинга помогают улучшить процессы бюджетирования, оценивать риски и прогнозировать инвестиционные возможности.

ИИ, машинное обучение и облачная интеграция как драйверы инноваций

Решения в области сельскохозяйственной аналитики активно используют искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения для выявления закономерностей и аномалий, что способствует автоматизации фермерских операций. Интеграция облачных платформ с сенсорными сетями интернета вещей (IoT) позволяет создавать удалённо доступные системы поддержки принятия решений в реальном времени (DSS) для агрономов и фермеров. Современные платформы прогностической аналитики автоматизируют процессы орошения и планирование внесения удобрений, а также обеспечивают развертывание мероприятий с использованием дронов. Это не только снижает потребность в ручном труде, но и повышает точность и эффективность аграрных операций.

Устойчивость и эффективность благодаря источникам данных и системам искусственного интеллекта

Аналитическое фермерство играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития сельского хозяйства. Фермеры, эффективно используя ресурсы, способны снижать негативное воздействие на окружающую среду и одновременно повышать свою устойчивость к изменяющимся климатическим условиям. Современные аналитические платформы помогают предотвратить чрезмерное использование удобрений, оптимизировать управление водными ресурсами и обеспечивать прослеживаемость продуктов от фермы до стола, что способствует достижению глобальных целей устойчивого развития и продовольственной безопасности.

Проблемы выхода на рынок

Несмотря на значительный прогресс, рынок сельскохозяйственной аналитики продолжает сталкиваться с рядом препятствий:

- **Высокие первоначальные затраты и модели подписки:** мелкие фермеры часто не могут позволить себе премиальные аналитические услуги из-за ограниченного капитала.
- **Недостаток грамотности в работе с данными и технических навыков:** многим фермерам требуются образовательные программы для правильного понимания и эффективного использования аналитических данных.
- **Проблемы интеграции данных:** внедрение аналитических платформ осложняется из-за несовместимости систем и различий в форматах данных.
- **Ограниченная связь в сельской местности:** в развивающихся странах инфраструктурные ограничения препятствуют предоставлению аналитики в режиме реального времени.

Для широкого распространения сельскохозяйственной аналитики необходимы совместные усилия правительств, агротехнологических компаний и научно-исследовательских организаций.

Новые тенденции и возможности

- **Платформы управления фермерским хозяйством:** централизованные панели мониторинга предлагают комплексные аналитические решения для управления посевами, животноводством и сельскохозяйственной техникой.
- **Блокчейн для сельскохозяйственных данных:** обеспечивает целостность данных в цепочке поставок и повышает прозрачность через надежную прослеживаемость.
- **Периферийная аналитика и подключение 5G:** локальная обработка данных в сочетании с высокоскоростным подключением позволяет получать более оперативную и точную аналитику.
- **Индивидуальная аналитика для мелких фермеров:** мелкие хозяйства в развивающихся регионах получают преимущества от масштабируемых локализованных решений, созданных с учетом их специфических потребностей и условий ведения сельского хозяйства.
- **Инструменты отслеживания углеродного следа:** аналитика помогает фермерским хозяйствам контролировать выбросы парниковых газов, предоставляя данные для отчетности и разработки эффективных стратегий по их сокращению.

Рынок сельскохозяйственной аналитики — цифровой центр управления современным сельским хозяйством

Внешним символом интеллектуального сельского хозяйства часто выступают дроны и автономные тракторы, однако его «невидимым мозгом» является сельскохозяйственная аналитика, которая преобразует огромные потоки данных в практические рекомендации. По мере того, как аграрные системы по всему миру переходят к автоматизации и устойчивым методам ведения хозяйства, аналитика становится ключевым инструментом для защиты ферм от будущих вызовов.

Рынок сельскохозяйственной аналитики играет фундаментальную роль в повышении производительности, сохранении ресурсов и укреплении устойчивости отрасли. Благодаря стратегическим инвестициям в цифровую инфраструктуру, обучению пользователей и внедрению инклюзивных технологических моделей, потенциал цифровой трансформации сельского хозяйства сможет охватить все сегменты агросектора.

Технологии

Исследование Университета штата Канзас: замедление работы дождевальных систем кругового действия повышает эффективность водопотребления и урожайность¹⁰

Келси Стремел

В условиях засухи и снижения уровня водоносных горизонтов простые изменения в системах орошения могут способствовать более рациональному использованию ограниченных водных ресурсов.

При эксплуатации оросительных систем в штате Канзас одним из эффективных методов повышения водосбережения и урожайности является снижение скорости работы дождевальной системы кругового действия.

Инженер по водным ресурсам Университета штата Канзас Джонатан Агилар утверждает, что несложная, но часто игнорируемая мера — замедление движения дождевателя — способна значительно повысить эффективность водопользования и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

По его словам, при слишком быстрой работе дождевальной системы значительная часть подаваемой влаги не успевает впитаться в почву. Вместо этого вода либо испаряется, либо стекает с поверхности, не достигая корневой зоны растений, где она особенно необходима. Агилар подчёркивает, что снижение скорости перемещения установки позволяет воде дольше оставаться на поверхности почвы, что способствует лучшему проникновению влаги и, как следствие, повышает эффективность орошения.

Каждый раз при орошении полей фермеры теряют часть воды вследствие испарения — с поверхности листьев, почвы или в виде аэрозольного тумана. По данным исследований, проведённых в данном регионе, объём этих потерь остаётся практически постоянным и составляет около 4,3 мм при каждом цикле орошения.

¹⁰ Источник: Kelsey Stremel. K-State study: Slowing down pivots can improve water efficiency and yields / <https://hpj.com/2025/05/23/k-state-study-slowing-down-pivots-can-improve-water-efficiency-and-yields/> Опубликовано 23.05.2025

Инженер по водным ресурсам Университета штата Канзас Джонатан Агилар образно называет это «платой за ирригационные услуги матери-природе», подчёркивая неизбежность подобных потерь.

Он отмечает, что при чрезмерной скорости передвижения дождевальной системы глубина орошения снижается, в результате чего значительная часть воды не успевает впитаться в почву. Вместо этого она испаряется, не достигая корневой зоны растений, где влага необходима в наибольшей степени. По его словам, снижение скорости вращения установки способствует более полному проникновению воды в почву, тем самым повышая общую эффективность орошения.

По мнению Джонатана Агилара, рекомендация по снижению скорости работы центральной дождевальной системы особенно актуальна для фермеров, работающих в западном Канзасе и на территории Высоких равнин. В этих регионах сохраняется острая проблема сокращения запасов воды в водоносном горизонте Огаллала. Он подчёркивает, что в условиях роста затрат и продолжающейся засухи становится как никогда важным максимально эффективно использовать каждый доступный объём воды.

Основные стратегии орошения на 2025 год

Исследования Джонатана Агилара сосредоточены на практических решениях, которые фермеры могут внедрить немедленно, без необходимости дорогостоящей модернизации систем. Он выделил несколько ключевых стратегий повышения эффективности орошения в текущем сезоне:

- **Контроль влажности почвы перед орошением.** Агилар советует использовать датчики влажности почвы или проводить визуальную оценку состояния почвы на поле. Если поверхность почвы остаётся влажной или наблюдается скопление воды, это свидетельствует о возможности отложить орошение. Он подчёркивает, что замедление работы оросительной системы, при условии отсутствия стоков, способствует более эффективному поступлению воды в корневую зону растений и снижает потери на испарение.
- **Соответствие норм внесения воды потребностям культур.** Избыточное орошение в начале сезона является распространённой ошибкой, приводящей к ненужным потерям воды и негативному влиянию на развитие растений. Агилар рекомендует корректировать графики орошения с учётом стадий роста культур, погодных условий и данных об испаряемости. Кроме того, он подчёркивает важность мониторинга прогнозов осадков для предотвращения избыточного орошения. По его словам, значительную экономию воды можно достичь

в начале и конце вегетационного периода, а также в периоды выпадения естественных осадков.

- **Орошение в прохладное время суток.** Агилар отмечает, что высокие температуры и сильные ветры в дневные часы способствуют значительным потерям воды за счёт испарения. Он рекомендует планировать орошение на раннее утро или поздний вечер, что позволяет минимизировать потери влаги. Исследования показывают, что орошение в самый жаркий период дня может увеличить потери воды на 10–25% из-за испарения.
- **Обеспечение равномерного распределения воды.** По мнению Агилара, регулярная проверка и обслуживание поворотных форсунок крайне важны для равномерного орошения всего поля. Неисправные форсунки могут приводить к избыточному орошению одних участков и недостаточному — других, что снижает общую эффективность орошения и может негативно сказаться на урожайности.

Хотя новые технологии способны повысить эффективность оросительных систем, Джонатан Агилар отмечает, что регулировка скорости работы дождевальной установки остаётся доступным и высокоэффективным способом, который может принести быстрый эффект для фермеров.

По его мнению, фермеры часто ошибочно полагают, что ускорение движения дождевателя позволит быстрее удовлетворить потребности культур в воде. Однако, как утверждает Агилар, чрезмерно высокая скорость часто приносит больше вреда, чем пользы. Он поясняет, что замедление работы системы способствует лучшей инфильтрации влаги в почву и помогает растениям стать более устойчивыми к засушливым условиям.

В условиях всё более дефицитных и дорогостоящих водных ресурсов Агилар призывает производителей пересмотреть свои стратегии управления орошением, обращая внимание на то, как даже простые изменения могут привести к значительным улучшениям результатов.

Новый метод позволяет восстановить почву за недели, а не за 3000 лет¹¹

Немецкий стартап Numify разработал технологию восстановления плодородия почвы, позволяющую сократить естественный процесс регенерации, который в природе занимает порядка 3000 лет, до всего нескольких недель. Метод основан на гидротермальной гумификации — преобразовании органических отходов в питательные гуминовые вещества с использованием тепла, давления и воды. Во время полевых испытаний применение искусственного гумуса Numify повысило урожайность сельскохозяйственных культур до 20%.

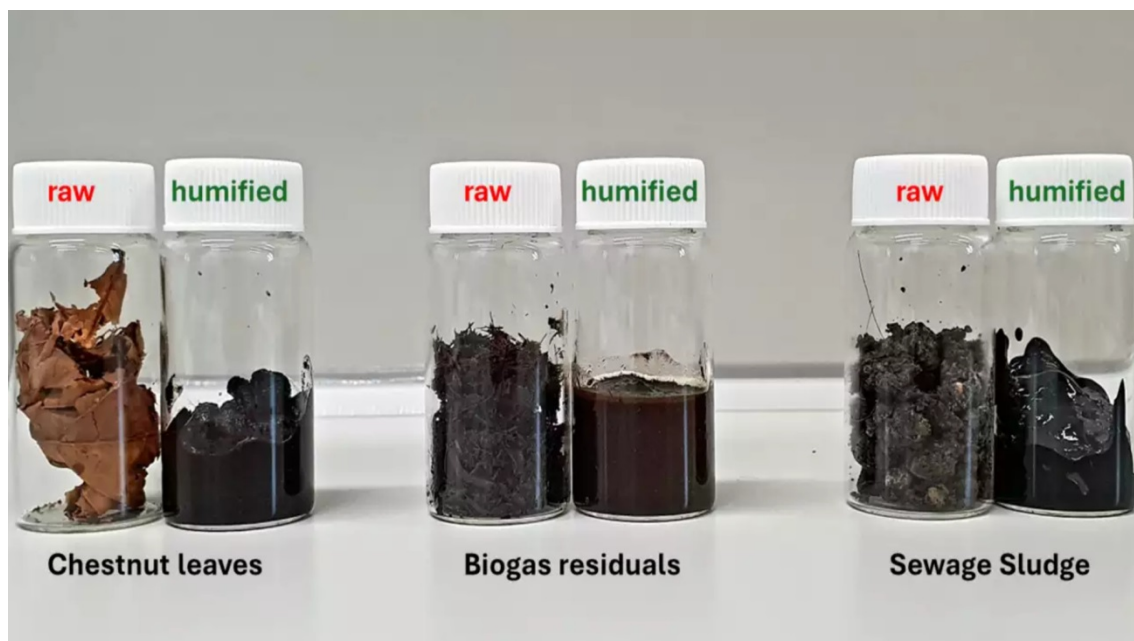
Почва играет ключевую роль в удержании углекислого газа — это крупнейший природный резервуар CO₂ на планете. Однако человеческая деятельность, например, вырубка лесов, осушение болот и интенсивное сельское хозяйство, приводит к деградации почвенных микроорганизмов и снижению способности почвы захватывать углерод. В результате земля становится источником вредных выбросов, усугубляя климатический кризис.

Чтобы решить эту проблему, команда Numify, включающая химиков, биологов и инженеров, обратилась к процессу Бергиуса-Пьера, разработанному почти столетие назад немецким химиком Фридрихом Бергиусом, который получил Нобелевскую премию по химии в 1931 году. Изначально этот метод предназначался для преобразования биомассы в нефть с помощью тепла, воды и давления. Однако исследователи переориентировали процесс на производство искусственного гумуса.

Гумус — это основное органическое вещество почвы, образующееся из остатков растений и животных. Он содержит питательные вещества, необходимые для роста растений, улучшает структуру почвы и помогает удерживать влагу и минералы. В результате почва становится более плодородной и благоприятной для жизни микроорганизмов и растений.

В ходе экспериментов ученые обнаружили, что изменение химии гидротермального процесса быстро приводит к образованию полимеров, похожих на природные гуминовые вещества.

¹¹ Источник: <https://hightech.plus/2025/08/01/novii-metod-pozvolyaet-vosstanovit-pochvu-za-nedeli-a-ne-za-3000-let> Опубликовано 1.08.2025



Более того, почвенные бактерии активно реагируют на эти искусственные полимеры, стимулируя микробную активность и улучшая почвенную экосистему. Процесс гидротермальной гумификации проходит при температуре около 200°C и небольшом давлении, что позволяет быстро преобразовывать органические отходы в гумус.

Полевые испытания в Китае продемонстрировали, что применение гумуса Humify повышает урожайность сельскохозяйственных культур до 20%. Кроме того, одна тонна таких искусственных гуминовых веществ, внесенная на гектар, способна связать до 50 тонн углерода в почве уже в первый год, значительно снижая выбросы CO₂ и помогая бороться с изменением климата.

Стартап занимается масштабированием производства. После лабораторных испытаний команда приступила к проектированию пилотной установки, способной перерабатывать до 3000 тонн биомассы ежегодно. Технический директор Humify, химик Светлана Филоненко, отметила, что особое внимание уделяется оптимизации энергозатрат на нагрев и охлаждение материалов, что сделает производство искусственных гуминовых веществ экономически эффективным и конкурентоспособным на мировом рынке.

Селекция растений против засухи

Ученые вывели пшеницу, растущую на солончаках¹²

Изменение климата, деградация почв и нехватка пресной воды — все это ставит под угрозу стабильность мирового производства продовольствия. Но шведский стартап OlsAro предлагает впечатляющее решение: пшеницу, которая растет на засоленных почвах.

Идея амбициозная — позволить выращивать культуры там, где это было невозможно. И сегодня технология компании уже тестируется в нескольких странах, в частности в Индии, Бангладеш, Пакистане, Кении и Австралии, пишет AgFunderNews.

Засоление почв — одна из самых серьезных угроз для фермеров. Во многих регионах теряют плодородие из-за: затопления и циклонов, орошения соленой водой и неэффективных агропрактик. Например, в Индии уже более 6,75 млн га земель пострадали от засоленности, и эта площадь ежегодно растет на 10%. К 2050 году половина пахотных земель страны может стать непригодной.

Решение от OlsAro — пшеница, которая может расти даже при уровне засоленности до 10 dS/m, что для обычной пшеницы почти смертельно.

Компания использует два подхода. Мутагенез EMS — создание генетически разнообразных линий без использования ГМО. Это позволяет работать на всех рынках без регуляторных барьеров. Генетическое редактирование + искусственный интеллект — целевое внедрение полезных признаков, таких как солеустойчивость, жароустойчивость или эффективное усвоение азота.

В партнерстве с DCM Shriram в Индии компания уже провела первые полевые испытания на солончаках в штатах Уттар-Прадеш и Бихар, которые дали обнадеживающие результаты по урожайности и устойчивости к местным болезням.

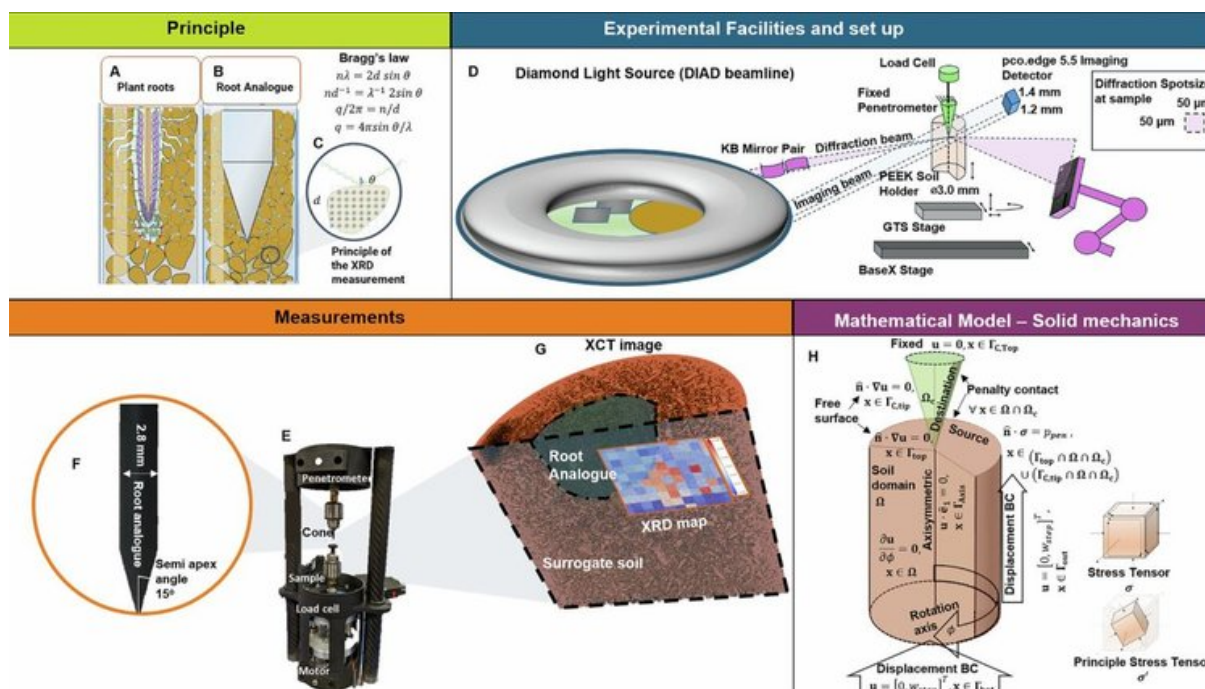
Компания уже имеет коммерческое соглашение с Lal Teer Seed в Бангладеш и планирует выход на рынок в 2027 году. Переговоры также

¹² Источник: <https://agroportal.ua/ru/news/tekhnologii/vcheni-viveli-pshenicyu-yaka-roste-na-solonchakah> Опубликовано 6.08.2025

ведутся с партнерами в Аргентине, Турции, Кении, Пакистане и Австралии.

Селекция растений с сильными корнями против засухи и опустынивания получает новые идеи¹³

Уплотнение почвы и усиливающаяся глобальная засуха увеличивают прочность и жесткость почвы. Остается неясным, какие биомеханические механизмы/черты корней растений обеспечивают рост в этих суровых условиях. Чтобы это выяснить, ученые в новом исследовании сочетали синхротронную рентгеновскую компьютерную томографию с пространственно разрешенной рентгеновской дифракцией для характеристики биомеханики реплики системы корневой почвы и определили важные нюансы для селекции или выбора растений с особо сильными корнями.



Методы, экспериментальная установка и математическая модель

¹³ Источник: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/novosti-nauki/selekcija-rastenii-s-silnymi-kornjami-protiv-zasuhi-i-opustynivaniya-poluchaet-novye-idei.html> Опубликовано 7.08.2025

Растущая частота и интенсивность засух угрожают глобальной продовольственной безопасности и развитию инфраструктуры в большинстве стран мира. Уплотнение почвы в результате интенсификации земледелия отрицательно сказывается на ~25% площади механизированных пахотных земель Европы, в то время как засуха затронула более 3 миллиардов человек во всем мире.

Высыхание почвы, вызванное засухой, усиливает капиллярные силы между частицами, которые плотно притягивают частицы почвы друг к другу. Уплотнение закрывает поровые пространства, увеличивая насыпную плотность почвы и напряжение предварительного сжатия. В совокупности эти процессы увеличивают прочность и жесткость связных почв, создавая среду, которая бросает вызов корням растений и роющим организмам. Такое затвердевание почвы препятствует их доступу к воде и питательным веществам.

Корни растений, наряду с другими туннельными организмами, помогают поддерживать функцию почвы за счет биотурбации почвы. Образование биопоровых сетей способствует глубокому дренажу воды, смягчая затопление, обеспечивая диффузию кислорода в более глубокие почвенные горизонты и повышая микробную активность почвы. Эти эффекты создают благоприятные условия для сельскохозяйственных систем и могут смягчить последствия опустынивания.

Корни растений могут проникать в удивительно жесткие субстраты через сложный ансамбль многомасштабных процессов. Команда британских исследователей поставила эксперимент в Diamond Light Source в Великобритании. В этом научном центре установлен синхротрон – ускоритель частиц, работающий как сверхмощный микроскоп. Он испускает рентгеновские лучи в 10 миллиардов раз ярче солнечного света. И ученые сфокусировали эти рентгеновские лучи на искусственной модели корня, чтобы проводить контролируемые измерения в новаторском подходе.

Во-первых, чтобы оценить форму почвы, они использовали трёхмерную рентгеновскую визуализацию, которая работает подобно медицинской компьютерной томографии, чтобы создать детальные изображения структуры почвы вокруг корня модели. Это позволило увидеть, как сжимаются и смещаются мельчайшие частицы и поры в почве. Но для измерения невидимых сил, действующих в этом процессе, потребовался еще один метод — фокусированная рентгеновская дифракция. Измерить эти крошечные силы внутри скопления обычных частиц почвы невозможно.

«Чтобы решить эту проблему, мы создали суррогатную почву из гипса – минерала с идеально упорядоченной природной кристаллической структурой. Каждый кристалл в почве действует как крошечная, измеримая пружина. Когда модель корня вдавливается в почву, эти «пружины»

сжимаются или растягиваются. Рентгеновская дифракция позволяет обнаружить эти мельчайшие изменения. Такой подход, предусматривающий наблюдение за изменением структуры почвы и картографирование сил внутри нее, никогда ранее не применялся для решения подобных задач. В ходе нашего эксперимента модель корня, изготовленная из специального прочного пластика, удерживалась в фиксированном положении, в то время как приводимый в движение двигателем столик проталкивал образец почвы вверх, в него.

Как мы и ожидали, трёхмерные изображения показали формирование зоны сжатия вокруг кончика корня нашей модели. Частицы почвы уплотнялись, а крошечные воздушные карманы, или поры, между ними сжимались. Это уплотнение фактически является первым шагом к созданию прочного пути в почве.

Карты сил, полученные с помощью рентгеновской дифракции, выявили нечто удивительное. Когда модельный корень впервые продвинулся, мы увидели признаки нарастания напряжения в кристаллах почвы вблизи кончика. Но по мере того, как он проникал глубже, примерно до 8 миллиметров, напряжение в кристаллах, расположенных ближе всего к кончику, казалось, ослабевало, хотя общая сила, необходимая для проталкивания конуса, увеличивалась.

Чтобы понять, почему это происходит, мы создали компьютерную модель эксперимента. Моделирование подтвердило нашу теорию: материал начал деформироваться и приобретать необратимые свойства. По сути, грунт перестал действовать как сжатая пружина и начал вести себя как пластилин, сохраняя новую форму и формируя новый канал, который будет сохраняться даже в твёрдых и сухих условиях», рассказывают о своем эксперименте исследователи Джеймс Ле У и Сиул Руис в статье, опубликованной The Conversation.

«Впервые наш метод позволил нам картировать границу этой «пластичной зоны» в почве. Мы наблюдали, как она начиналась с небольшой области на самом кончике, а затем расширялась по мере того, как модель корня проникала глубже, показывая, насколько глубоко влияние корня распространялось на окружающую почву. В этой зоне частицы почвы могут разрушаться или перестраиваться в новые, более мелкие конфигурации. Эта перестройка может привести к ослаблению упругого напряжения внутри кристаллов, даже если общая структура находится под большим давлением. Это не означает, что грунт становится легче проталкивать. Наши измерения показали, что общая сила, необходимая для продвижения модели корня, продолжала увеличиваться, даже по мере роста этой пластичной зоны. Вместо того чтобы просто отталкивать почву, корень управляет давлением на своем кончике, заставляя почву поддаваться и обтекать

его, что является гораздо более эффективным способом проникновения в твердую почву», пишут авторы работы, которая в более научном формате размещена в журнале *npj Biological Physics and Mechanics*.

Этот новый метод исследования открывает новые возможности для детального изучения взаимодействия корней растений с почвой. Благодаря ему можно начать отвечать на вопросы, например: «Как форма корней помогает некоторым растениям лучше развиваться в твёрдой почве?»

Понимание механизмов подземного строения растений имеет практическую ценность. Фермеры часто используют вспашку для разрыхления поверхности почвы перед посадкой, однако этот процесс требует много энергии, является затратным и может наносить долгосрочный вред состоянию почвы, способствуя эрозии и высвобождению накопленного углерода в атмосферу.

Обнаружение характеристик корней, которые наиболее эффективно функционируют в уплотнённых условиях, может помочь селекционерам создавать сорта сельскохозяйственных культур, более устойчивые к засухе и требующие меньших затрат на подготовку почвы.

Понимание того, как корни формируют окружающую среду, может оказаться полезным при разработке программ по восстановлению дикой природы и восстановлению истощённых территорий. Например, агроэкологи могут использовать эти знания для выбора местных растений с мощными корневыми системами в качестве пионеров. Их корни будут разрыхлять уплотнённую почву, создавать новые водные пути и способствовать восстановлению более богатых и разнообразных экосистем.

Изучая мир под нашими ногами, мы можем лучше понять, как обеспечить продовольственную безопасность и восстановить здоровье нашей планеты.

Агрофотовольтаика

Солнечные панели и сельскохозяйственные культуры: можно ли сочетать их на одних и тех же полях?¹⁴

Пока фермеры продолжают спорить о том, как лучше использовать сельскохозяйственные угодья — для выращивания культур или установки солнечных панелей, — в новом исследовании, проведённом учёными из Мичиганского государственного университета, утверждается, что эти два подхода вполне могут сосуществовать.

Согласно исследованию, аспирант лаборатории гидрогеологии при Колледже естественных наук Джейк Сид проанализировал данные дистанционного зондирования и аэрофотосъёмки, чтобы выяснить, как в течение последних 25 лет использовались сельхозугодья в Калифорнии. Основываясь на анализе баз данных, содержащих информацию о доходах и расходах, он пришёл к выводу, что фермеры, выделявшие небольшой процент своей земли под солнечные панели, получали в пересчёте на акр более высокую прибыль, чем те, кто не использовал подобную практику.

Результаты исследования, опубликованные в журнале *Nature Sustainability*, могут послужить своего рода «дорожной картой» для фермеров, испытывающих финансовые трудности. Сид выразил надежду, что его работа поможет аграриям найти компромисс между традиционным земледелием и использованием возобновляемых источников энергии. Вместо полного отказа от сельхозпроизводства в пользу солнечных панелей, он предлагает стратегически размещать их на участках с низкой урожайностью, что позволит сохранить основной объём посевных площадей.

Сид заявил, что разговор должен идти не столько о солнечной энергии или сельском хозяйстве, сколько о том, как эти два аспекта могут работать вместе. По его мнению, это может быть сотрудничество, а не конфликт. Работа Сид с солнечными панелями началась, когда он присоединился к лаборатории Энтони Кендалла, доцента Мичиганского государственного университета, который также стал соавтором статьи. Кендалл заметил, как Сид использует *Google Earth Engine* — общедоступную базу данных спутниковых снимков и инструмент облачных вычислений. Один

¹⁴ Источник: Should farm fields be used for crops or solar? Or both / <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/04/250421162610.htm> Опубликовано 22.04.2025

из случайных предложений Стида попробовать определить местоположение солнечных панелей на ландшафте привлекло внимание Кендалла.

Стид сосредоточил своё внимание на Калифорнии, объяснив, что в этом штате расположены одни из самых ценных и продуктивных сельскохозяйственных земель в США, и что Калифорния также является лидером в производстве и установке солнечных панелей.

С увеличением экстремальных погодных условий, угрожающих продовольственным, энергетическим и водным ресурсам, появились новые источники энергии, такие как солнечная, которые способствуют снижению выбросов углекислого газа. Бум солнечной энергетики вызвал опасения по поводу возможного сокращения производства продовольствия, особенно на фоне роста населения и увеличения потребления, что увеличивает нагрузку на сельское хозяйство.

В связи с этими противоречивыми интересами некоторые фермеры начали применять так называемый метод размещения. Этот подход предполагает целенаправленное установление солнечных панелей рядом с сельскохозяйственными культурами, что позволяет максимизировать продуктивность ландшафта.

Стид хотел узнать, как совместные установки солнечных панелей влияют на прибыль фермеров и как это соотносится с традиционными солнечными установками, при которых целые поля превращаются в солнечные фермы. Он также сравнивал эти данные с фермами, где продолжают выращивать сельскохозяйственные культуры без использования солнечных панелей.

Стид отметил, что исследовательская группа использует сбалансированный подход, чтобы не сосредотачиваться только на негативных или позитивных моментах, а учитывать оба аспекта вместе, что позволяет глубже изучить, как люди используют ландшафт. Он добавил, что они задаются вопросом о том, что это означает и как лучше планировать будущее.

Группа исследователей использовала данные о количестве солнечных панелей в Калифорнии, которые Стид опубликовал в 2022 г. На основе этих данных они подсчитали, что 86 000 человек могли бы получать питание с земель, которые в настоящее время заняты солнечными панелями.

Затем исследователи использовали данные о стоимости культур, собранные Калифорнийским университетом в Дэвисе, годовые цены на сельскохозяйственные культуры в США, калифорнийский сбор за право на воду и другие данные, чтобы рассчитать расходы и доходы среднего фермера. Они смоделировали производство солнечной электроэнергии каждой установкой, чтобы оценить, какую часть расходов фермер может компенсировать за счет продажи энергии обратно в сеть.

Результаты подтвердили их гипотезу: фермеры, использующие несколько акров земли под солнечные панели, имели большую финансовую стабильность по сравнению с теми, кто придерживался подхода «все или ничего». Они тратили меньше на удобрения, воду и сельскохозяйственные материалы, а доход от продажи солнечной энергии компенсировал снижение производства сельскохозяйственных культур. Более того, такие фермеры, скорее всего, экономили воду, компенсируя её расход для орошения, что может быть полезным для региона, испытывающего дефицит воды.

Стид отметил, что если он был бы фермером, то два акра солнечных панелей обеспечивали бы ему стабильный доход в течение года. По его словам, при таком подходе не нужно беспокоиться о нестабильности урожая, о том, будет ли год влажным или засушливым.

В будущем Стид надеется расширить свои исследования, чтобы изучить производство продуктов питания и использование солнечных панелей на всей территории США. Он также работает с Кендаллом, чтобы исследовать другие способы воздействия солнечных панелей на окружающую среду.

Стид выразил надежду, что его исследование станет частью обсуждения, когда фермеры будут решать, как лучше использовать землю без ущерба для производства продовольствия. Он подчеркнул, что солнечные панели могут стать частью устойчивой продовольственной системы, если их размещение будет продуманным.

Стид также добавил, что есть аргументы в пользу того, что такой ландшафт может быть более устойчивым. По его мнению, это позволяет получать больше выгоды для большего числа людей, что, как он считает, является очень важным.

Перевод: Усманова О., Юлдашева Г.

Верстка и дизайн: Беглов И.Ф., Дегтярева А.С.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

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

sic.icwc-aral.uz