



Federal Ministry
for the Environment, Climate Action,
Nature Conservation and Nuclear Safety



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



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

ОТ ПОЛЯ ДО ПИКСЕЛЯ: цифровая эра агросектора



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2025

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

От поля до пикселя: цифровая эра агросектора

Ташкент 2025

Подготовлено и издано при финансовой поддержке проекта «Региональные механизмы для низкоуглеродной и климатоустойчивой трансформации взаимосвязи энергии, воды и земли в Центральной Азии», реализуемого ОЭСР, НИЦ МКВК и ЕЭК ООН за счет средств Федерального министерства окружающей среды, борьбы с изменением климата, охраны природы и ядерной безопасности (BMUKN) в рамках Международной климатической инициативы (IKI)

Содержание

Технологии.....	5
В ПНИПУ создали безотходную технологию производства экологичного удобрения.....	5
В Норвегии создали плавающую теплицу.....	7
Реконструкцию песчаных полей с выносом глины исследуют в Австралии для повышения урожайности	9
Суперабсорбирующие полимеры для почвы в засуху сделали из банановой и апельсиновой кожуры.....	10
Селекция растений.....	12
В США вывели сорта пшеницы, производящие удобрения.....	12
Генная модификация пшеницы превращает микробы почвы в источник удобрений.....	12
Новый вариант гена повышает урожайность риса в условиях засухи — IRRI.....	17
Хронокультура – новая концепция для улучшения пшеницы	19
Прямой сухой посев риса нашел сильную поддержку агронауки в Индии.....	21
Моделирование, аналитика и нейросети.....	23
ИИ поможет фермерам распознавать сорняки на полях.....	23
ИИ раскрывает секреты устойчивой урожайности риса после 50 лет непрерывного выращивания.....	24
Рост центров обработки данных и появление новых партнёрств в сельском хозяйстве	26
Американские агрономы неверно интерпретируют рекомендации ИИ в теплицах	29
Адаптация к изменению климата.....	31
Филиппины установили на рисовом научном поле первую башню отслеживания парниковых газов	31

Мировые запасы продовольствия под угрозой: современное сельское хозяйство разрушает почву у нас под ногами.....	33
Гидроклиматическая уязвимость мировых пахотных земель и как леса защищают урожай от засухи.....	35
Вмешательство в климат может привести к снижению содержания белка в основных мировых продовольственных культурах.....	38
Вертикальные фермы выбрасывают больше углерода, чем традиционное производство	40
Орошение с обратным эффектом: как глобальное сельское хозяйство усиливает тепловой стресс и дефицит водных ресурсов.....	41
Современное состояние отрасли и тенденции будущего.....	45
Глобальные тенденции ирригации: взгляд на будущее отрасли.....	45
Точность и меткость в сельском хозяйстве: уроки с мишени для дартса.....	52
Техническое обслуживание и ремонт: обеспечение бесперебойной работы ирригационных систем.....	55
Образование.....	62
Преобразование сельскохозяйственного образования: как аграрные университеты Индии переходят к технологичному обучению.....	62
Как привлечь молодёжь в сельское хозяйство.....	66
Почвенные исследования	69
Корни растений используют химический код для борьбы со стрессом и обмена ресурсами	69
Как органические вещества удерживают влагу в почве — от Земли до Марса.....	72
Создан новый эффективный способ очистки сельскохозяйственных почв от тяжелых металлов	75
Солнечное земледелие усугубляет водный кризис в Пакистане	76

Технологии

В ПНИПУ создали безотходную технологию производства экологичного удобрения¹

Полностью безотходный метод производства удобрения струвита, который использует дрожжи для полной очистки от его остатков, сохраняющихся при современной технологии в уже очищенной воде, разработали ученые Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ), сообщает пресс-служба вуза.

Благодаря новой методике, созданной специалистами Пермского Политеха, стало возможным удалять из промышленных стоков производства данного удобрения 100% аммонийного азота и 96,7% фосфора, сохраняя воду абсолютно чистой.

Удобрения, применяемые в сельском хозяйстве, позволяют увеличивать урожай на 30–40%, повышая продовольственную безопасность государства. Особенно они необходимы для сельских хозяйств регионов с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями, существующими, например, на Северо-Западе России.

В настоящее время в рамках стратегии развития в России безотходного производства — одной из важнейших задач нацпроекта «Экологическое благополучие» — особенно актуальным удобрением стал именно струвит.

Это удобрение производят из отходов сточных вод — азота и фосфора, что позволяет очистить их. Еще одним важным достоинством струвита является его медленное растворение в почве, что предотвращает его вымывание осадками и сохраняет полезные свойства удобрения на весь сезон, тогда как традиционные удобрения быстро растворяются в воде. Они помогают урожаю, однако после полива или дождя до 50% азота и фосфора вымывается из почвы, загрязняя водоемы.

Азот и фосфор критически необходимы для роста и развития растений. Азот — основной материал для построения растением белков, хлорофилла и нуклеиновых кислот. Он обеспечивает быстрый рост зеленой массы, насыщенный цвет листьев и общее хорошее состояние растений.

Фосфор, играя жизненно важную роль в энергетическом обмене клеток, способствует развитию мощной корневой системы, ускоряет цветение

¹ Источник: <https://rossaprimavera.ru/news/1a5db83f> Опубликовано 6.09.2025

и плодоношение и повышает устойчивость растения к заболеваниям и стрессам.

Студентка кафедры химии и биотехнологии ПНИПУ Дарья Нестерова рассказала о существующей в настоящее время технологии этого удобрения:

«Одна из современных технологий позволяет получать струвит почти безотходно. Сперва сточные воды, богатые азотом и фосфором, поступают в специальный реактор, куда добавляют раствор с магнием. Затем эти три компонента (магний, аммоний и фосфат) соединяются и образуют твердые мелкие кристаллы, которые и представляют собой струвит. Они оседают на дно, их отделяют от воды, сушат — и получается готовое удобрение для растений».

Достоинством этой технологии является то, что она не требует избытка компонентов, в результате чего в сточных водах оказывается небольшое количество фосфора и азота. Но очень малая величина кристаллов струвита приводит к тому, что до 1% синтезируемого удобрения всё-таки проходит через фильтры, попадая в очищенную воду.

Хотя 1% может показаться незначительной концентрацией, но ее может оказаться достаточно для того, чтобы вызвать цветение ядовитых водорослей, что приведет к мору рыбы, а вода станет непригодной для питья и купания.

Решить эту проблему ранее пытались, используя зеленые микроводоросли *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp, которые питаются фосфором и азотом. Но они не могут переработать высокие концентрации фосфора и справиться с плохо растворимым струвитом.

Исследователи Пермского Политеха решили вместо микроводорослей применить дрожжи *Yarrowia lipolytica*. Для своего эксперимента они 11 дней выращивали эти дрожжевые грибы в жидкой среде. После этого к ним добавили порошок струвита и следили, как при комнатной температуре 20 °C изменяется кислотность среды, которая показывала, насколько успешно происходит усвоение струвита дрожжами.

«Эксперимент показал, что *Yarrowia lipolytica* эффективно очищают воду от остатков удобрения. При добавлении 1 г/л их рост ускорялся, но при повышении концентрации до 2 г/л — замедлялся из-за „передозировки“. При добавлении даже такой критически высокой концентрации струвита дрожжи смогли удалить 100% аммонийного азота и 96,7% фосфора. То есть идеально справились со своей задачей», — сообщила кандидат технических наук Юлия Кузнецова, доцент кафедры химии и биотехнологии ПНИПУ.

На следующем этапе исследования ученые проверили возможность повторного использования очищенной дрожжами воды для производства следующих партий удобрения. Проверка инфракрасным спектрометром показала, что эта вода чиста и вполне годится для повторного синтеза струвита.

Таким образом, предложенный учеными ПНИПУ метод очистки воды после синтеза струвита позволяет создать замкнутый цикл производства этого удобрения. Метод политехников сэкономит огромное количество водных ресурсов, а сама технология производства становится безотходной и экологичной.

Результаты проведенного исследования были представлены в статье «Разработка ресурсосберегающей технологии биологической очистки сточных вод производства MgNP-удобрения».

В Норвегии создали плавающую теплицу²

Уникальный проект Ocean Bloom — плавающую теплицу, объединяющую сельское хозяйство, рыбоводство, опреснение воды и генерацию чистой энергии, — представили в Норвегии.

Расположенная у побережья Бергена, эта автономная экосистема может изменить подход к выращиванию продуктов и использованию ресурсов в регионах, страдающих от климатических изменений, пишет NV.

Теплица расположена на крепком понтоне и работает по принципу аквапоники: растения выращивают не в почве, а в воде, обогащенной природными удобрениями от рыб, обитающих в подводных вольерах. Отходы от рыбной жизнедеятельности фильтруют и возвращают в систему, обеспечивая растения необходимыми веществами. В производстве не используются синтетические удобрения и химикаты.

Платформа полностью питается от солнечных панелей, ветротурбин и опреснительной системы, которая превращает морскую воду в пресную с помощью солнечного тепла и энергии волн. Избыток воды можно хранить или поставлять в прибрежные поселения. Генерированную электроэнергию используют также для автономных лабораторий и коммуникационных буев.

² Источник: <https://agroportal.ua/ru/news/tekhnologii/u-norvegiji-stvorili-plavayuchu-teplicyu> Опубликовано 14.08.2025



Первые результаты показывают, что урожайность с одного квадратного метра в Ocean Bloom в пять раз превышает показатели традиционного земледелия. Кроме того, вокруг теплицы установлено биореакторное кольцо с водорослями, которые поглощают углекислый газ из воздуха и океана, снижая его кислотность и улучшая экологический баланс.

Норвегия планирует масштабировать этот проект для стран и архипелагов, которые больше всего страдают от повышения уровня моря и нехватки пахотных земель. Пилотные партнерства уже обсуждают в Юго-Восточной Азии, на островах Тихого океана и некоторых регионах Африки.

Реконструкцию песчаных полей с выносом глины исследуют в Австралии для повышения урожайности³

Исследователи из Университета Квинсленда глубоко копают, чтобы улучшить здоровье песчаной почвы в Северной территории страны и продемонстрировать потенциал принципиально нового подхода.

Ведущий исследователь Яш Данг из Школы сельского хозяйства и продовольственной устойчивости Университета Квинсленда говорит, что наличие глины под неплодородной, сухой и песчаной поверхностью региона представляет собой возможность для фермеров.

«Глина может помочь улучшить песчаную почву, которая, как правило, имеет низкое содержание органических веществ и водоудерживающую способность. Многие производители пытались вносить органические вещества на поверхность своих полей, но из-за высоких температур и высокой аэрации почвы они окисляются и хранятся недолго. Мы предлагаем изменить структуру почвы и включить органическое вещество в подпочву, чтобы она могла действовать как банк питательных веществ с медленным высвобождением и улучшать жизнеспособность почвы. При помощи почвообрабатывающего орудия, которое идет за трактором, мы разрушаем почву под поверхностью, создавая 40-сантиметровые каналы, куда мы добавляем органическое вещество», — поясняет доктор Данг.

Исследователь Гута Бедане, который работает в партнерстве с Департаментом сельского хозяйства и рыболовства Северной территории Австралии и фермерами на шести участках Северной территории, говорит: «Углубление улучшает почву дважды — оно доставляет отрицательно заряженную глину из подпочвы к корням, и там она притягивает практически все, что полезно для урожая, включая органические вещества и удобрения. Внесение глины в корневую зону повысит водоудерживающую способность почвы, структуру почвы и микробное изобилие с добавлением органического вещества. Это повысит урожайность и биомассу сельскохозяйственных культур, а также увеличит содержание углерода в почве. Это очень новая концепция, которую мы считаем перспективной. Это как ремонт дома — не то, что вы делаете каждый год или каждые пять лет, а долгосрочная реконструкция с эффектом на десятилетия».

Был поставлен опыт с выращиванием ячменя. «У нас пока нет конкретных результатов, но мы только что провели отбор проб биомассы, и урожай, выращенный на участке углубления почвы с включением органи-

³ Источник: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/rekonstrukciyu-peschanyh-polei-s-vynosom-gliny-issleduyut-v-avstralii-dlja-povyshenija-urozhainosti.html> Опубликовано 7.10.2025

ческого вещества, похоже дает на 30 процентов больше урожая, чем контрольная обработка. Нам необходимо подтвердить результаты на разных участках и в разные сезоны, но первые признаки очень многообещающие», — сказал доктор Бедане.

Агроном из Дарвина Фергал О'Гара контролирует один из испытательных участков на своей территории. Он сказал, что испытание дало возможность узнать больше о потенциале улучшения местных почв, чтобы они стали плодородными и продуктивными для выращивания сельскохозяйственных культур. «Очень интересно посмотреть, может ли углубление помочь улучшить здоровье почвы в сочетании с другими методами, такими как известкование и покровные культуры», — сказал г-н О'Гара.

Испытания продолжатся в течение 4 лет с разными культурами с полевыми днями, а затем технология будет предоставлена для масштабирования.

Суперабсорбирующие полимеры для почвы в засуху сделали из банановой и апельсиновой кожуры⁴

В сельском хозяйстве использование воды составляет 85% по сравнению с промышленным (15%) и бытовым (5%) расходом. По мере изменения климата увеличивается частота и продолжительность засух. Поэтому разработка агрономических стратегий, позволяющих снизить стресс от засухи у возделываемых культур, является важнейшим приоритетом.

Одним из способов реагирования, помимо селекции на засухоустойчивость, сбора дождевой воды, точного орошения и др., сегодня признаются суперабсорбирующие полимеры.

Компания Toyota Gosei Co. объявила о своих инвестициях в EF Polymer KK — стартап, занимающийся разработкой суперабсорбирующих полимеров, полученных полностью из натуральных материалов, таких как апельсиновая и банановая кожура. Стартап представил полностью биобезопасные, экологически чистые полимеры, используя несъедобные сельскохозяйственные отходы.

⁴ Источник: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/superabsorbiruyuschie-polimery-dlja-pochvy-v-zasuhu-sdelali-iz-bananovoi-i-apelsinovo-kozhury.html> Опубликовано 15.10.2025

При смешивании с почвой эти полимеры значительно улучшают влагоудержание, сокращая количество воды, необходимое для выращивания сельскохозяйственных культур. В условиях, когда изменение климата учащает засухи и глобальный дефицит воды, ожидается, что эта инновация сыграет важную роль в содействии устойчивому развитию сельского хозяйства.

Компания Toyota Gosei давно применяет свой опыт в области полимерных технологий для развития переработки нефтяных пластиков и резины. Инвестируя в EF Polymer, компания стремится способствовать более широкому внедрению экологически безопасных суперабсорбирующих полимеров, одновременно изучая возможности технического сотрудничества со стартапом.

Эти инвестиции, осуществленные в августе 2025 года через корпоративный департамент венчурного капитала Toyota Gosei, отражают приверженность компании продвижению решений, которые соответствуют глобальным целям устойчивого развития и способствуют развитию экономики замкнутого цикла.

Селекция растений

В США вывели сорта пшеницы, производящие удобрения⁵

Ученые Калифорнийского университета в Дэвисе вывели сорта пшеницы, которые самостоятельно производят удобрения.

Это открытие способно снизить загрязнение воздуха и воды по всему миру, сообщает «УкрАгроКонсалт».

По информации университета, на производство пшеницы уходит около 18% всех азотных удобрений, производимых в мире, тогда как растения потребляют только около 30-50% азота, а остальное попадает в водоемы и атмосферу, нанося вред окружающей среде.

В сообщении отмечается, что ученые применили технологии генной модификации, чтобы растения производили излишки некоторых химических веществ. При попадании в почву запускается реакция, в результате которой формируется удобрение.

По словам преподавателя факультета науки о растениях упомянутого университета Эдуардо Блумвальда, открытие может сыграть большую роль в обеспечении продовольственной безопасности, повысив производительность малых ферм в Африке.

Генная модификация пшеницы превращает микробы почвы в источник удобрений⁶

Учёные создали пшеницу, стимулирующую почвенные бактерии к выработке доступного для растений азота. Исследователи разработали сорт пшеницы, способный активировать почвенные бактерии для фиксации атмосферного азота в форму, пригодную для усвоения растениями. Этот

⁵ Источник: <https://agroportal.ua/ru/news/tekhnologii/u-ssha-viveli-sorti-pshenici-yaki-viroblyayut-dobryva>
Опубликовано 6.09.2025

⁶ Источник: <https://www.earth.com/news/gene-edited-wheat-turns-soil-microbes-into-fertilizer/> /
Опубликовано 28.08.2025

прорыв может значительно сократить потребление азотных удобрений, уменьшить загрязнение окружающей среды и снизить затраты на сельскохозяйственное производство — без ущерба для урожайности.

Новая технология основана на способности растений синтезировать определённое природное соединение в избыточном количестве и выделять его в почву. Это соединение активирует деятельность близлежащих почвенных микроорганизмов, которые начинают «фиксировать» азот из воздуха и превращать его в доступные для сельскохозяйственных культур соединения.

В рамках исследования группа учёных из Калифорнийского университета в Дэвисе под руководством профессора Эдуардо Блумвальда использовала технологию CRISPR для активации нужного метаболита в пшенице. Эффект был протестирован в условиях низкого содержания азота в почве, что позволило подтвердить работоспособность подхода.

Это исследование развивает более ранние наработки, полученные на примере риса, и в настоящее время ведутся попытки адаптировать технологию для других ключевых зерновых культур, что может иметь широкое значение для устойчивого сельского хозяйства в будущем.

Синтетический азот питает мировые урожаи

Синтетический азот является основным источником питания для большинства современных сельскохозяйственных культур. Однако его использование связано с серьёзными экологическими и экономическими издержками. Только на пшеницу приходится около 18% мирового потребления азотных удобрений. При этом из сотен миллионов тонн, производимых ежегодно, растения усваивают лишь 30–50%.

Оставшийся объём азота попадает в реки и прибрежные зоны, провоцируя образование так называемых «мёртвых зон» с дефицитом кислорода, либо испаряется в атмосферу в виде закиси азота — мощного парникового газа. Для мелких фермеров, особенно в странах с низким уровнем дохода, покупка удобрений становится делом рискованным — цена и доступность делают этот ресурс практически недостижимым.

Профессор Эдуардо Блумвальд отметил, что в некоторых регионах, например в Африке, фермеры часто вообще не используют удобрения из-за их высокой стоимости и ограниченности участков — нередко площадь фермы составляет всего 6–8 акров. Он подчеркнул, что идея выращивать растения, которые способны стимулировать почвенные бактерии к естественному производству азота, необходимого самим же растениям, пред-

ставляет собой настоящую революцию. По его словам, это может радикально изменить подход к сельскому хозяйству в таких условиях.

Пшеница осваивает «азотный трюк» микробов

Фиксация азота в природе осуществляется специализированными бактериями с помощью фермента нитрогеназы, который работает только в условиях низкого содержания кислорода. Бобовые культуры — например, фасоль и горох — решают эту задачу, формируя на корнях клубеньки — микроскопические камеры, где создаётся среда с пониженным содержанием кислорода, необходимая для работы нитрогеназы.

Однако у злаков, таких как пшеница, таких структур нет, поэтому они полностью зависят от внешнего источника азота — в основном из удобрений. Ранее предпринимались попытки либо сформировать у злаков подобие клубеньков, либо заставить азотфиксирующие бактерии колонизировать корневую систему. Однако такие стратегии долгое время оставались неэффективными.

В рамках исследования учёные проанализировали около 2800 растительных метаболитов и выявили небольшой набор соединений, включая флавоны, которые способны стимулировать почвенные бактерии к образованию защитных биоплёнок. Эти микробные структуры, представляющие собой липкие оболочки, снижают уровень кислорода в непосредственной среде обитания бактерий, создавая подходящие условия для функционирования фермента нитрогеназы.

Профессор Эдуардо Блумвальд отметил, что в течение десятилетий учёные предпринимали попытки вывести злаковые культуры, способные образовывать активные корневые клубеньки, либо заселять их корневую систему азотфиксирующими бактериями, однако такие подходы оказывались малорезультативными. Команда исследователей выбрала альтернативную стратегию.

По словам Блумвальда, они исходили из принципа, что точное местонахождение азотфиксирующих бактерий не имеет решающего значения — главное, чтобы зафиксированный ими азот поступал к растениям и мог эффективно усваиваться.

Редактирование генов меняет подход к азотному питанию растений

Используя технологию CRISPR, учёные повысили выработку апигенина — одного из распространённых флавонов — в пшенице. Растения сохраняли необходимое количество этого соединения для собственных нужд, а избыток выделяли в почву через корневую систему.

Почвенные эксперименты показали, что дополнительный апигенин стимулирует местные почвенные бактерии к образованию защитных биоплёнок. Эти структуры создают локальную среду с пониженным содержанием кислорода, необходимую для работы фермента нитрогеназы. В результате бактерии активнее фиксируют атмосферный азот, преобразуя его в аммоний — форму, доступную для поглощения растениями.

По словам исследователей, особенность этого подхода в том, что растение действует автономно: оно «распознаёт» дефицит азота, вырабатывает сигнальное вещество и использует соседствующие микроорганизмы без необходимости внешнего вмешательства. В отличие от традиционных методов, здесь не требуются специальные бактериальные инокулянты, а микробы остаются свободноживущими в почве, а не изолированными внутри корней.

Снижение загрязнения и повышение устойчивости сельского хозяйства

Расширение применения этого подхода может существенно сократить выбросы, связанные с использованием азотных удобрений, которые способствуют загрязнению водоёмов и изменению климата при выращивании пшеницы и других культур. Поскольку азот, вырабатываемый микробами, менее подвержен вымыванию, это означает снижение потерь питательных веществ во время ливней, уменьшение цветения водорослей и сокращение выбросов закиси азота — мощного парникового газа — в озёрах и прибрежных зонах.

Кроме того, снижение потребности в промышленном производстве азота ведёт к уменьшению выбросов, связанных с его выпуском, который требует значительных объёмов природного газа.

Такой биологический механизм, активирующий микробную активность, уже присутствующую во многих типах почв, способен стабилизировать урожайность даже в условиях ограниченных ресурсов. Там, где удобрения недоступны или слишком дороги, растения получают возможность

задействовать собственные химические сигналы для стимуляции почвенных микробов, превращающих атмосферный азот в доступную для усвоения форму.

Миллиарды долларов экономии за счёт снижения потребности в удобрениях

В 2023 г. затраты на удобрения в США достигли почти \$36 млрд. При этом зерновые культуры занимают около 500 млн акров сельскохозяйственных угодий страны. Даже незначительное сокращение использования удобрений может привести к значительной экономии и одновременно снизить риски, связанные с нестабильными аграрными рынками.

Профессор Эдуардо Блумвальд отметил, что экономический эффект от внедрения новой технологии может быть впечатляющим. По его словам, даже 10-процентное сокращение объёмов используемых удобрений на этих площадях способно сэкономить более миллиарда долларов в год.

Причём выгода заключается не только в снижении объёмов закупаемого азота. Меньшее количество проходов техники для внесения удобрений сокращает расход топлива и уменьшает уплотнение почвы. Снижение потерь питательных веществ в водотоки также может уменьшить экологическое давление, снизить риски со стороны регулирующих органов и улучшить отношения с местными сообществами в чувствительных водоразделах.

Доказательство стабильности на различных типах почв

Путь от лабораторных теплиц до полей фермеров долг, но ключевые этапы уже намечены. Исследователям предстоит подтвердить, что азотное усиление сохраняется на разных типах почв, в разнообразных климатических условиях и при различных составах микробиома. Также важно убедиться, что этот подход хорошо интегрируется с существующими севооборотами и агротехническими методами.

Кроме того, необходимо продемонстрировать стабильную производительность в зависимости от сезона и используемых сортов, оценить воздействие на экологию почвы и гарантировать сохранение как урожайности, так и качества зерна.

Поскольку редактирование направлено на увеличение производства собственного метаболита растения, а не на внедрение чужеродного гена, в ряде юрисдикций регулирование может пройти более просто. Тем не ме-

нее, фермеры и политики будут заинтересованы в прозрачных данных о воздействии на окружающую среду, экономии удобрений и окупаемости инвестиций.

Если результаты масштабируются, генетически модифицированные злаки, такие как пшеница, использующие собственные микробные «фабрики» для производства удобрений, могут стать эффективным инструментом в арсенале азотных удобрений — сокращая затраты там, где бюджеты ограничены, снижая загрязнение в уязвимых водных экосистемах и повышая устойчивость зерновых систем в условиях глобального потепления.

Новый вариант гена повышает урожайность риса в условиях засухи — IRRI⁷

Учёные из Международного научно-исследовательского института риса (IRRI) совместно с партнёрами из Индии сообщили, что им удалось выявить варианты генов, способные повышать урожайность риса в условиях засухи. Они объяснили, что это достигается за счёт увеличения устойчивости растения на репродуктивной стадии — критическом периоде, когда нехватка воды может привести к значительным потерям урожая.

В опубликованном в журнале *Journal of Experimental Botany* исследовании подчёркивается многообещающее открытие варианта гена OsIRO2, который показал значительный потенциал при внедрении в широко распространённый сорт DRR Dhan 44.

Доктор Паллави Синха, учёный IRRI, отметил, что благодаря этому открытию исследователи теперь могут более точно создавать улучшенные сорта риса, способные выдерживать дефицит воды и при этом сохранять высокую урожайность. По его словам, для фермеров это означает возможность получать более высокие урожаи и повышать устойчивость растений, особенно в условиях усиливающихся климатических изменений.

Для подтверждения полученных результатов исследовательская группа разработала селекционные линии, содержащие уникальные варианты генов, которые называют превосходными гаплотипами. Эти линии были протестированы как с исходным родительским сортом DRR Dhan 44, так и с донорским родителем ADT 12 в ходе многочисленных полевых ис-

⁷ Источник: New Rice Gene Variant Boosts Yield Under Drought – IRRI / <https://www.global-agriculture.com/ag-tech-research-news/new-rice-gene-variant-boosts-yield-under-drought-irri/> Опубликовано 12.08.2025

пытаний. Всего было оценено 450 селекционных линий риса, полученных из различных регионов и выращенных в разные вегетационные периоды.

Исследователи установили наличие 67 генетических связей с признаками, важными для устойчивости к засухе, и выделили десять ключевых генов, которым рекомендовано отдавать приоритет в селекционных программах.

Особое внимание учёных привлёк вариант гена OsIRO2. Было установлено, что сорта риса с этим вариантом обеспечивали увеличение урожая зерна на 27 % в условиях засухи по сравнению с исходным сортом, при этом не снижая стабильности урожая. Это, по мнению исследователей, особенно важно для фермеров, которые сталкиваются с непредсказуемыми погодными условиями.

В отличие от предыдущих исследований, которые в основном концентрировались на картировании крупных участков генома, связанных с реакцией на засуху, в данном исследовании был выявлен конкретный, высокоэффективный вариант гена. Результаты полевых испытаний подтвердили его значимость для селекции сортов риса, сочетающих в себе как устойчивость к стрессам, так и высокую продуктивность.

Доктор Викас Сингх, руководитель регионального селекционного отдела IRRI в Южной Азии, сообщил, что с помощью передовых генетических инструментов и тесного сотрудничества с партнёрами из Индии им удалось точно определить участки генома, способствующие выживанию риса в условиях засухи. Он отметил, что это даёт селекционерам чёткую и практическую цель — создавать улучшенные сорта, способные защищать урожай фермеров.

В дальнейшем IRRI планирует сосредоточить усилия на интеграции этих генных вариантов, устойчивых к засухе, в селекционные программы по всей Азии и Африке. Целью является разработка высокоурожайных сортов риса, устойчивых к изменению климата, предназначенных для регионов, подверженных засухам.

Исследование было поддержано Департаментом биотехнологии (DBT) и Индийским советом по сельскохозяйственным исследованиям (ICAR). По мнению учёных, полученные результаты открывают новые возможности для селекции риса следующего поколения, в частности, с применением методов селекции с использованием маркеров и гаплотипов.

Хронокультура – новая концепция для улучшения пшеницы⁸

Новые исследования показывают: циркадные часы пшеницы могут дать представление о содержании питательных веществ в растении и его жизненном цикле, что может улучшить сельскохозяйственное производство и устойчивость культуры к меняющемуся климату.

Исследования, проведенное в Мельбурнском университете и опубликованное в журнале *New Phytologist*, показало, что, как и у людей, циркадные ритмы пшеницы различаются в зависимости от сорта и ускоряются с возрастом, что может иметь далеко идущие последствия для регуляции биологических процессов.

Ученые считают, что выяснив, может ли внутренний ритм пшеницы влиять на различные аспекты здоровья и продуктивности сельскохозяйственных культур, они предложат новую научную концепцию, называемую хронокультурой, которая использует понимание биологических ритмов растений для улучшения сельскохозяйственного производства.

Ключевой частью исследования было измерение сроков старения листьев у растений пшеницы, что является естественным процессом старения, в ходе которого питательные вещества из листьев перераспределяются в развивающиеся зерна.

Доцент Школы биологических наук Мельбурнского университета Майк Хейдон заявил, что была обнаружена тесная взаимосвязь между циркадными ритмами пшеницы, сроками старения и содержанием питательных веществ в зерне.

«Исходя из этого, мы предполагаем, что, измеряя циркадные ритмы у сортов пшеницы, мы можем оценить скорость жизненного цикла растения. Наши результаты показывают, что небольшие изменения внутренних ритмов растений пшеницы могут иметь последствия для качества зерна», — сказал доцент Хейдон.

Интересно, что исследователи обнаружили доказательства того, что «биологические хранители времени» в некоторых растениях пшеницы могут быть не совсем приспособлены к среде их произрастания.

«Некоторые сорта пшеницы, а в данном случае австралийские, могут испытывать то, что мы можем фактически назвать хронической сменой часовых поясов у растений, что, как вы можете себе представить, может

⁸ Источник: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/novosti-nauki/hronokultura-novaja-koncepcija-dlja-uluchsheniya-pshenicy.html> Опубликовано 20.10.2025

иметь негативные последствия для здоровья и продуктивности сельскохозяйственных культур», — сказал доцент Хейдон.

Циркадные часы растений контролируют не только старение и цветение. Они также участвуют в реакциях на стресс, фотосинтезе и обмене веществ.

Соавтор исследования доктор Кристофер Бакли из Мельбурнского университета заявил, что существует множество потенциальных применений хронокультуры, особенно в условиях изменения климата.

«Повышение глобальной температуры сделает некоторые пахотные регионы мира непригодными для сельского хозяйства, в то время как другие регионы, в свою очередь, могут стать более подходящими для выращивания урожая. В обоих случаях меняются экологические характеристики, и именно тогда хронокультура может быть полезна. Расширение научных знаний о функционировании циркадных часов у растений может помочь селекционерам быстрее выводить сорта, лучше приспособленные к выращиванию в разных широтах», — сказал доктор Бакли.

Проводя это исследование, команда надеется не только углубить научные знания о растениях пшеницы, но и посеять семена более устойчивых и продуктивных культур в неопределенном климатическом будущем.

В настоящее время исследователи изучают более широкий набор сортов пшеницы на предмет циркадных ритмов и сельскохозяйственных признаков, чтобы выявить наиболее важные гены, лежащие в основе этой вариации.

«Благодаря этим разнообразным растениям пшеницы мы надеемся найти новые источники изменений в циркадных часах, которые селекционеры могли бы использовать для выведения культур, способных сохранять свою урожайность в условиях изменения климата», — сказал доцент Хейдон.

Прямой сухой посев риса нашел сильную поддержку агронауки в Индии⁹

Индийские фермеры вскоре смогут воспользоваться новыми линиями риса, которые дают более высокие урожаи при меньших затратах воды и труда.

Ученые из Международного научно-исследовательского института риса (IRRI) и Индийского совета сельскохозяйственных исследований (ICAR) разработали новые сорта риса, подходящие для сухого метода прямого посева (Dry direct-seeded rice, DDSR) – метода, при котором семена высеваются непосредственно в сухую почву, а не в затопленный рис. Такой подход снижает потребление воды и затраты на рабочую силу, что является серьезной проблемой для фермеров.

Новые линии сочетают в себе 19 важных признаков, включая анаэробную всхожесть, более высокую урожайность, более крепкие сеянцы, устойчивость к полеганию и защиту от вредителей и болезней, таких как пирикулярриоз, бурая цикадка и галлица. Эти улучшения были внедрены в MTU 1010, один из самых распространенных сортов риса в Индии. Эти признаки также были добавлены в IR 91648-B-89-B, элитную селекционную линию, несущую основные QTL для урожайности зерна риса в условиях засухи на репродуктивном этапе, работы выполнены для Сварны (Swarna), мега-популярного сорта среди индийских фермеров.

В ходе полевых испытаний лучшие сорта дали урожайность до 5,7 тонны с гектара при использовании метода DDSR и 5,6 тонны на традиционных затопляемых полях. Это примерно на 15–16% выше урожайности исходных сортов.

«Это одна из немногих успешных попыток объединить широкий набор признаков DDSR в элитные сорта риса. Научная работа показывает, что популярные пересадочные сорта можно адаптировать для систем прямого посева без потери урожайности или качества зерна», — заявил руководитель регионального селекционного отдела в Южной Азии доктор Викас К. Сингх.

Несколько новых линий уже находятся на стадии разработки в Индии, а две из них проходят этап расширенных оценочных испытаний.

Исследование проводилось совместно с Индийским советом по сельскохозяйственным исследованиям (ICAR) при поддержке Министерства биотехнологии Индии. План работы IRRI-ICAR также способствует продвижению технологии и сортов, созданных для нее. Соответствующая ста-

⁹ Источник: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/prjamoi-suhoi-posev-risa-nashel-silnuyu-podderzhku-agronauki-v-indii.html> Опубликовано 13.10.2025

тя «Повышение устойчивости сельскохозяйственных культур посредством элитных предселекционных линий с ключевыми характеристиками для сухого прямого посева риса», опубликована в журнале Plant Genome.

Моделирование, аналитика и нейросети

ИИ поможет фермерам распознавать сорняки на полях¹⁰

Чешский стартап Skymaps запустил модель искусственного интеллекта Zoneye для обнаружения сорняков на сельхозполях с помощью дронов, передаёт EastFruit.

Также в систему включены подсчёт урожая и определение всхожести. Технология будет представлена на выставке Agritechnica 2025, которая пройдёт с 9 по 15 ноября в Ганновере.

По информации авторов технологии, Zoneye обучена распознавать 37 распространённых видов сорняков: система определяет их точное местоположение на поле с помощью изображений с дронов. Это позволяет сэкономить до 50% затрат на гербициды и повысить урожайность до 20%.

Как сообщает ElDala.kz, Zoneye распознает распространённые виды сорняков, такие как чертополох, ромашка полыннолистная и амброзия, среди основных культур, включая кукурузу, пшеницу, сою, сахарную свёклу, подсолнечник, рапс, картофель и лук.

Для распознавания сорняков делаются снимки полей с помощью дронов с RGB-камерами, летающих на высоте от 40 до 120 метров. Снимки загружаются на платформу CultiWise. Система обрабатывает изображения с помощью собственной модели искусственного интеллекта, обученной на миллионах фотографий с дронов. В течение нескольких минут CultiWise создает точные карты внесения с подробным описанием местоположения, плотности и видов сорняков, позволяя фермеру определить точное количество гербицида для каждого участка. Разработчики при этом отмечают, что система быстро адаптируется к местным условиям того или иного региона.

Вместе с тем, анализируя плотность растений и пропуски на поле, система Zoneye также может рекомендовать корректировку нормы посева для участков с низкой всхожестью. Это обеспечивает равномерное развитие растений, оптимизирует использование ресурсов и помогает фермерам максимально повысить производительность по всему полю.

¹⁰ Источник: <https://east-fruit.com/plodoovoshchnoy-biznes/tekhnologii/ii-pomozhet-fermeram-raspoznivat-sornyaki-na-polyah/> Опубликовано 6.09.2025

ИИ раскрывает секреты устойчивой урожайности риса после 50 лет непрерывного выращивания¹¹

Филиппины: международная исследовательская группа выявила ключевые факторы устойчивости урожайности риса с помощью искусственного интеллекта, применённого к самому продолжительному в мире эксперименту по сбору трёх урожаев.

Исследование, опубликованное в журнале *Field Crops Research*, предоставило новые сведения о том, как климат, сорта сельскохозяйственных культур и методы управления влияют на долгосрочную продуктивность риса в условиях возрастающих климатических вызовов и проблем продовольственной безопасности.

В работе приняли участие учёные из Университета Гифу, Киотского университета, Национальной организации по исследованиям в области сельского хозяйства и продовольствия Японии (NARO), Международной ассоциации по удобрениям и Международного научно-исследовательского института риса (IRRI). Они проанализировали данные, собранные в течение более чем пяти десятилетий (1968–2017 гг.) по 150 последовательным урожаям риса, выращенным в рамках долгосрочного эксперимента по непрерывному выращиванию сельскохозяйственных культур (LTCCE) на Филиппинах. В рамках LTCCE рис выращивался три раза в год — в сухой сезон, а также в ранний и поздний сезоны дождей — начиная с 1968 г. При этом использовались различные нормы азотных удобрений и регулярно внедрялись новые сорта. Для анализа учёные объединили климатические данные, агрономические практики и информацию об обновлении сортов с передовыми методами машинного обучения. Применение искусственного интеллекта позволило выявить сложные и скрытые закономерности в больших массивах данных, что помогло получить новые знания о долгосрочной продуктивности сельскохозяйственных культур.

Доктор Казуки Сайто из IRRI, автор-корреспондент исследования, отметил, что впервые с помощью машинного обучения удалось выявить сложные и долгосрочные взаимодействия между климатом, методами управления и генетическими особенностями в рисовых системах. Он подчеркнул, что результаты исследования показывают: для поддержания продуктивности азиатских рисовых полей необходимо не только более эффективное управление, но и сезонный отбор сортов, а также более частая их замена.

¹¹ Источник: <https://www.global-agriculture.com/ag-tech-research-news/ai-unlocks-secrets-of-rice-yield-sustainability-after-50-years-of-continuous-cropping/> Опубликовано 28.08.2025

Основные выводы исследования включают:

- Управление азотными удобрениями, быстрая замена сортов и уровень солнечной радиации стабильно способствовали повышению урожайности, однако их влияние значительно варьировалось в зависимости от сезона.
- Сельскохозяйственные культуры засушливого сезона лучше развивались при более низких температурах в репродуктивной фазе, тогда как культуры раннего влажного сезона выигрывали от более высоких температур на ранних стадиях роста, что способствовало активизации минерализации азота в почве.
- Наибольшие сложности наблюдались у культур позднего сезона дождей. Длительное использование одного и того же сорта риса снижало восприимчивость растений к азоту и увеличивало риск развития заболеваний.
- В то время как предыдущие исследования объясняли снижение урожайности в 1970–1980-х гг. главным образом сокращением поступления азота, проведённый анализ выявил, что повышение ночных температур также сыграло критическую роль в этих исторических потерях урожайности.

В исследовании выделены три стратегических направления для поддержания устойчивой продуктивности риса:

- Разработка сортов риса для засушливого сезона с повышенной устойчивостью к высоким ночным температурам.
- Выведение сортов, устойчивых к переувлажнению и низкому уровню солнечной радиации, характерным для сезона дождей.
- Более частая ротация и замена сортов в зависимости от сезона.

Доктор Томоаки Ямагучи, ведущий автор исследования и доцент Университета Гифу, отметил, что объединение детальных данных об урожайности и климате, собранных за пять десятилетий, с современными инструментами искусственного интеллекта позволило гораздо лучше понять, какие факторы обеспечивают стабильное производство риса. По его словам, это открывает возможность разрабатывать более разумные, сезонно ориентированные стратегии, которые будут полезны фермерам.

Авторы подчёркивают, что в условиях усиливающейся климатической неопределённости долгосрочный эксперимент LTCCSE представляет

собой уникальный ресурс для понимания того, как рисовые агросистемы реагируют на изменения окружающей среды и адаптируются к ним.

Профессор Кейсукэ Кацура из Киотского университета, старший со-автор исследования, добавил, что полученные выводы имеют значение, выходящее далеко за рамки одного экспериментального участка. Он подчеркнул, что они представляют собой основу для построения климатически устойчивого рисоводства на более чем 22 млн га орошаемых монокультур в Азии, которые обеспечивают продовольствием миллиарды людей.

Исследование, проведённое при поддержке правительства Японии и Министерства сельского, лесного и рыбного хозяйства (MAFF), демонстрирует, как сочетание искусственного интеллекта и долгосрочных полевых экспериментов может способствовать поиску эффективных решений в области глобальной продовольственной безопасности.

Рост центров обработки данных и появление новых партнёрств в сельском хозяйстве¹²

По мере роста гипермасштабируемых центров обработки данных для удовлетворения спроса на искусственный интеллект, технологические гиганты начинают сотрудничать с сельским хозяйством, чтобы решать задачи рационального водопользования — создавая при этом новые возможности как для фермеров, так и для достижения целей устойчивого развития.

Как отмечалось в статье от 29 августа, в которой освещалось партнёрство между Amazon Web Services (AWS), агротехнологической компанией Arable и Университетом штата Миссисипи, развитие инфраструктуры для ИИ всё чаще пересекается с аграрным сектором самым непосредственным образом.

Авторы публикации подчёркивали, что рост центров обработки данных напрямую влияет на то, почему такие крупные технологические компании, как AWS, инвестируют в сельское хозяйство и другие природоохранные инициативы. Это необходимо для устойчивого водоснабжения в регионах, где размещаются их дата-центры.

¹² Источник: Val Fishman. How data center growth is driving unlikely partnerships in agriculture / <https://irrigationtoday.org/news/how-data-center-growth-is-driving-unlikely-partnerships-in-agriculture/>
Опубликовано 12.09.2025

Хотя рост гипермасштабных центров обработки данных ускорился за последние два десятилетия, особенно стремительным он стал в последние годы. Мощность таких объектов в среднем удваивается каждые четыре года, а их размеры продолжают увеличиваться. Ожидается, что 2025 г. станет очередным рекордным: по всему миру планируется ввести в эксплуатацию около 10 ГВт новых мощностей, а также завершить строительство объектов суммарной мощностью около 7 ГВт. Кампус мощностью свыше 100 МВт, по-видимому, становится новой нормой для отрасли. В регионе ЕМЕА (Европа, Ближний Восток и Африка) мощность выросла на 21 % по сравнению с прошлым годом и достигла 10,3 ГВт. В регионе АРАС (Азиатско-Тихоокеанский) — 12,2 ГВт, причём в стадии реализации находится ещё множество проектов.

За последние пять лет в отрасли наблюдается наибольший рост: количество гипермасштабных дата-центров удвоилось, общая мощность удвоилась, размеры объектов превысили 100 МВт, а спрос на электроэнергию резко увеличился — во многом благодаря развитию искусственного интеллекта.

Модели искусственного интеллекта обучаются на тысячах графических процессоров (GPU), которые работают значительно быстрее, чем центральные процессоры (CPU), и потребляют существенно больше энергии по сравнению с традиционными облачными вычислениями. Энергоснабжение становится узким местом, что подталкивает операторов к строительству более крупных объектов — там, где доступна мощность в несколько сотен мегаватт (МВт) или где её можно дополнить за счёт локальной генерации.

По оценке Международного энергетического агентства (МЭА), к 2030 г. потребление электроэнергии центрами обработки данных вырастет примерно вдвое и достигнет порядка 945 ТВт·ч. Основным драйвером этого роста называют именно искусственный интеллект. Прогнозируется, что спрос на дата-центры, оптимизированные под ИИ-нагрузки, увеличится более чем в четыре раза в течение текущего десятилетия.

Microsoft, Amazon, Google и Meta — одни из самых известных технологических компаний, которые всё чаще используют центры обработки данных. Все они публично объявили свои цели в области рационального использования водных ресурсов, включая:

- Microsoft, Meta и Amazon Web Services — достижение положительного водного баланса к 2030 г.
- Google — восполнение 120 % потреблённой пресной воды

Кроме того, все эти компании ставят перед собой задачу обеспечивать рост потребления электроэнергии за счёт возобновляемых источников.

Широко известно, что на сельское хозяйство приходится примерно 70 % мирового потребления пресной воды — не является новостью, что для производства продуктов питания требуется значительное количество воды. Когда центры обработки данных размещаются в засушливых регионах, это порождает реальную и воспринимаемую конкуренцию за водные ресурсы с фермерскими хозяйствами. Хорошим примером в США служит Аризона, где одному из дата-центров было гарантировано до одного миллиона галлонов воды в день с возможностью увеличения объёмов при расширении, что вызвало общественное недовольство. Фермеры округа Пинал, штат Аризона потеряли значительную часть поставок воды по Центральному проекту Аризоны (САР) и были вынуждены перейти на использование подземных вод. При этом важно отметить, что сокращение сельскохозяйственного производства в округе Пинал было вызвано комплексом правовых и гидрологических факторов, которые в первую очередь затронули пользователей с приоритетом в сельском хозяйстве.

Поставки воды для племён, муниципалитетов и промышленности занимают приоритетное место после сельского хозяйства в рамках распределения ресурсов Центрального проекта Аризоны (САР). Поэтому важно понимать, что использование воды в центрах обработки данных вызывает как реальную, так и воспринимаемую конкуренцию, однако это лишь один из множества факторов. Следует отметить, что значительная часть дата-центров в США расположена в регионах с высокой или критической нехваткой воды, что усиливает местные опасения. В таких регионах сельское хозяйство и без того считается серьёзным фактором нагрузки на запасы воды. В качестве ориентира для компаний по вопросам водного стресса служит список 100 бассейнов с наибольшим водным дефицитом в мире, составленный в рамках инициативы ООН «CEO Water Mandate». В этот список вошли речные и подземные водоёмы, где спрос на воду превышает её предложение, делая эти регионы наиболее уязвимыми к дефициту и конфликтам по поводу использования водных ресурсов. Среди них есть и ряд бассейнов на территории США, включая бассейн реки Колорадо. Товарные и полевые культуры представляют собой одни из лучших возможностей для перехода на более эффективные системы орошения. Фермеры могут количественно оценить снижение потребности в воде при переходе от затопляемого земледелия к точному орошению. Технологические компании, а также предприятия, производящие продукты питания, напитки и потребительские товары, намерены совместно инвестировать с фермерами в модернизацию систем орошения, включая автоматизацию для дальней-

шей оптимизации, что позволит совместно решать возникающие проблемы.

В условиях низкой рентабельности фермерских хозяйств и нестабильности государственных субсидий большинство производителей сельскохозяйственных культур не имеют доступа к капиталу, необходимому для инвестиций в системы точного орошения и автоматизацию. Когда компании оказывают помощь в снижении этой финансовой нагрузки, фермеры получают возможность модернизировать свои системы орошения. Преимущества таких изменений выходят далеко за рамки сокращения водопотребления — они также способствуют сохранению семейных фермерских традиций в будущем. При этом компании могут включать показатели сокращения потребления воды в свои общественные цели в области устойчивого развития.

Спрос на технологические достижения и продукты питания продолжает расти, поэтому партнёрства, в рамках которых технологии и сельское хозяйство работают вместе, будут играть ключевую роль в снижении конфликтов в нашем быстро меняющемся мире.

Американские агрономы неверно интерпретируют рекомендации ИИ в теплицах¹³

Консультант консалтинговой компания по овощеводству CultiBio Питер Олт из компании Cultivation Bioengineering Ltd выступил на страницах одного из ведущих мировых аграрных изданий. Многолетний опыт работы в сфере тепличного выращивания и агрономического сопровождения в США вынудил его обозначить в прессе неожиданную угрозу – американские агрономы слишком доверяют искусственному интеллекту и некритично относятся к его рекомендациям. Одновременно он ответил на волнующий многих вопрос: «Сможет ли ИИ заменить на рабочем месте специалиста по растениеводству в ближайшее время».

Одна из тенденций, которую отмечает эксперт CultiBio, – это растущая зависимость операторов теплиц от инструментов искусственного интеллекта. Хотя цифровые платформы предлагают полезные административные и организационные функции, команда консультантов столкнулась

¹³ Источник: <https://glavagronom.ru/news/amerikanskie-agronomy-ne-verno-interpretiruyut-rekomendacii-ii-v-teplicah> Опубликовано 10.09.2025

с многочисленными случаями в США, когда клиенты получали неверные рекомендации, сгенерированные ИИ, без учета контекста или точности.

Мне очень нравится искусственный интеллект за его административные и организационные функции, но общение между людьми – единственный реальный способ вынести взвешенное решение и получить надёжный совет, - комментирует Питер.

Он отмечает, что такое развитие событий подчёркивает важность опытных консультантов-агрономов, которые могут предложить продуманные, учитывающие особенности конкретной сельхозкультуры и научно обоснованные решения сложных проблем, возникающих в контролируемых условиях выращивания.

То есть, уважаемые коллеги, рано переживать по поводу того, что опытного агронома может заменить его цифровой двойник. Скорее всего, ценность специалиста по растениеводству будет только возрастать пропорционально площадям погубленных ИИ посадок.

Также, если пофантазировать и заглянуть в будущее, то полное доверие выращивания сельхозпродукции искусственному интеллекту чревато скорой победой машин над человечеством. В случае технических сбоев получение растениеводческой продукции в целом может оказаться под угрозой.

Адаптация к изменению климата

Филиппины установили на рисовом научном поле первую башню отслеживания парниковых газов¹⁴

Филиппинский научно-исследовательский институт риса (PhilRice) и Филиппинское космическое агентство (PhilSA) объединились с целью интеграции наземных и спутниковых технологий для развития климатически оптимизированного и устойчивого рисоводства.

В соответствии с подписанным Меморандумом о соглашении два агентства будут совместно эксплуатировать башню вихревого ковариационного потока, установленную на Центральной экспериментальной станции PhilRice в Нуэва-Эсихе.

Исследователь PhilRice и руководитель проекта Элмер Алоснос заявил, что цель проекта - сделать выращивание риса частью решения проблемы изменения климата, испытывая новые технологии устойчивого сельского хозяйства.

Башня способна собирать данные о парниковых газах, включая углекислый газ и метан, а также отслеживать обмен энергией и водяным паром между рисовыми полями и атмосферой.

«Это даёт нам более точный способ мониторинга выбросов парниковых газов с рисовых полей. Я считаю, что это делает нас одним из самых высокотехнологичных учреждений в стране», — сказал заместитель исполнительного директора PhilRice по исследованиям Эдуардо Джимми Куиланг.

Объединяя спутниковые данные с наземной информацией, инициатива позволит усовершенствовать процесс принятия решений в области производства риса, мониторинга выбросов парниковых газов и долгосрочных исследований окружающей среды.

Собранная информация также будет передана в Филиппинскую информационную систему по рису (PRiSM) — спутниковую платформу мониторинга риса PhilRice, что позволит развитию климатически оптимизированных методов ведения сельского хозяйства, которые принесут пользу фермерам, исследователям, политикам и экспертам по климату.

¹⁴ Источник: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/filippiny-ustanovili-na-risovom-nauchnom-pole-pervuyu-bashnyu-otslezhivaniya-parnikovyyh-gazov.html> Опубликовано 10.09.2025

Согласно соглашению, PhilSA отвечает за установку, калибровку и обработку данных с вышки, а также проводит исследования с использованием комбинированных спутниковых и наземных данных, чтобы понять, как рисовые экосистемы взаимодействуют с окружающей средой.

Тем временем PhilRice будет контролировать ежедневные операции и использовать данные для улучшения системы PRiSM, которая отслеживает площади рисовых плантаций, прогнозирует урожайность и оценивает ущерб, нанесенный посевам.

Данные, собранные PRiSM, также помогут проверить спутниковые снимки, полученные с помощью спутника Multispectral Unit for Land Assessment (MULA) компании PhilSA в рамках проекта SatMAPPER-SOPRAnO, целью которого является мониторинг состояния земель.

«Это партнёрство — важный шаг на пути к устойчивому развитию сельского хозяйства на Филиппинах. Эта установка будет измерять выбросы парниковых газов, поддерживая проект PRiSM компании PhilRice, который использует технологии дистанционного зондирования и геоинформационных систем для мониторинга рисовых полей и оценки урожайности», — пояснила директор Бюро космических научных миссий PhilSA IV Рейнабель Рейес.

Пятилетнее партнерство включает совместные исследования, обучение и деятельность по наращиванию потенциала для максимально эффективного долгосрочного использования башни.

Оба агентства взяли на себя обязательство ответственно обмениваться данными и совместно владеть любой полученной интеллектуальной собственностью, что является важной вехой в развитии климатически оптимизированного сельского хозяйства в стране.

Мировые запасы продовольствия под угрозой: современное сельское хозяйство разрушает почву у нас под ногами¹⁵

Применение подхода, основанного на теории устойчивости, может помочь выявить практические решения и понять возможные альтернативы.

Новое исследование предупреждает, что современные методы ведения сельского хозяйства всё сильнее ставят под угрозу глобальное продовольственное обеспечение, ослабляя природную устойчивость почв на планете.

Устойчивость почв — это их способность противостоять воздействиям, адаптироваться к ним и восстанавливаться после нарушений — будь то обычные сельскохозяйственные операции или более экстремальные явления, такие как засухи, наводнения и другие экологические стрессы. Комплексный обзор существующих агротехнологий показал, что хотя интенсивные практики — вспашка, использование удобрений и орошение — способны повысить урожайность в краткосрочной перспективе, их длительное и повсеместное применение часто приводит к деградации почвы. В итоге почвы становятся менее устойчивыми к нагрузкам, вызванным природными и социально-политическими явлениями.

Поскольку почвы обеспечивают около 95% мирового производства продовольствия и накапливают больше углерода, чем все леса Земли вместе взятые, их деградация представляет собой серьёзную экологическую угрозу. Повторное механическое воздействие уничтожает органическое вещество, уплотняет землю и нарушает деятельность организмов, поддерживающих экосистему почвы. Со временем это ослабляет её способность к восстановлению, вызывая нарастающее разрушение, засоление, распространение вредителей и снижение урожайности.

Ключевые угрозы глобальной стабильности почв

Согласно исследованию, опубликованному в журнале «NPJ Sustainable Agriculture», самой серьёзной опасностью для устойчивости почв является эрозия, вызванная чрезмерной вспашкой, перевыпасом скота и вырубкой лесов. Этот процесс разрушает плодородные горизонты, формировавшиеся на протяжении столетий. К другим важным угрозам относятся засо-

¹⁵ Источник: The World's Food Supply Is at Risk: Modern Agriculture Is Destroying the Soil Beneath Our Feet / <https://scitechdaily.com/the-worlds-food-supply-is-at-risk-modern-agriculture-is-destroying-the-soil-beneath-our-feet/> Опубликовано 10.10.2025

ление, загрязнение пестицидами и микропластиком, а также уплотнение почв, вызванное интенсивным животноводством.

Доктор Элисон Карсвелл из института Ротамстед, ведущий автор исследования, отмечает: «Здоровые, устойчивые почвы — это не просто основа продовольственной безопасности, они являются ключевым элементом биоразнообразия и климатической стабильности. Однако многие методы, на которые мы полагаемся для повышения урожайности сегодня, могут подорвать эту основу в будущем».

Баланс между продуктивностью и долговременной устойчивостью

В обзоре отмечается, что некоторые методы — например, затопление рисовых полей или известкование кислых почв — способны поддерживать устойчивость почв в долгосрочной перспективе. А альтернативные подходы, такие как почвосберегающая обработка (conservation tillage) или комплексная борьба с вредителями (integrated pest management), могут замедлить или даже обратить вспять процесс деградации. Однако большинство решений сопряжено с компромиссами и требует тщательного баланса между краткосрочной продуктивностью и долговременной устойчивостью.

Авторы предупреждают: игнорирование устойчивости почв может сделать сельскохозяйственные системы всё более уязвимыми, когда внезапное падение урожайности становится необратимым. Такие сбои, по их словам, способны вызвать цепную реакцию в продовольственных и торговых сетях, поставив под угрозу глобальную стабильность.

Глобальные последствия и призыв к переменам

Результаты исследования появились на фоне растущей тревоги из-за того, что мир теряет плодородные почвы быстрее, чем они успевают восстанавливаться. По оценке ООН, треть всех почв на планете уже деградировала. По мере увеличения спроса на продовольствие — особенно в странах Тропической Африки, Южной Америки и Юго-Восточной Азии — риски могут только усилиться.

«Разорвать порочный круг деградации почв возможно, — заключает доктор Карсвелл. — Но для этого необходимо пересмотреть сам подход к землепользованию — думать не только о урожае следующего сезона, но и об устойчивости экосистем в грядущие десятилетия».

Гидроклиматическая уязвимость мировых пахотных земель и как леса защищают урожай от засухи¹⁶

Доступность воды критически влияет на фенологию сельскохозяйственных культур и продуктивность сельского хозяйства. В новом исследовании ученые использовали спутниковые наблюдения изотопов воды и физические модели, чтобы проследить источники атмосферной влаги для основных мировых богарных культур с 2003 по 2019 год, различая океанические и наземные источники.

Новое исследование Калифорнийского университета в Сан-Диего, опубликованное в журнале *Nature Sustainability*, раскрывает важный фактор глобальной уязвимости сельскохозяйственных культур: происхождение самих осадков.

Новый способ прогнозирования риска засухи

Исследование прослеживает атмосферную влагу вплоть до её источника — будь то испарение из океана или с поверхностей суши, таких как почва, озёра и леса. Когда солнце нагревает эти поверхности, вода превращается в пар, поднимается в атмосферу и затем снова выпадает в виде дождя.

Влага из океана переносится на большие расстояния глобальными ветрами, часто через крупномасштабные погодные системы, такие как атмосферные реки, муссоны и тропические штормы.

Напротив, влага, поступающая с суши (часто называемая рециркулированными осадками), образуется за счёт испарения воды с близлежащих почв и растительности, питая местные штормы. Исследование показало, что этот баланс между океаническими и наземными (суша) источниками сильно влияет на риск засухи и урожайность сельскохозяйственных культур в регионе.

«Наша работа переосмысливает риск засухи: теперь дело не только в количестве осадков, но и в том, откуда они берутся. Понимание происхождения осадков и того, поступают ли они из океанических или наземных источников, дает политикам и фермерам новый инструмент для прогнозирования и смягчения последствий засухи до ее наступления», — сказал Янь

¹⁶ Источник: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/novosti-nauki/gidroklimaticheskaja-ujazvimost-mirovyh-pahotnyh-zemel-i-kak-lesa-zaschischayut-urozhai-ot-zasuhi.html> Опубликовано 10.11.2025

Цзян, ведущий автор исследования и научный сотрудник Калифорнийского университета в Сан-Диего, работающий по совместительству в Школе глобальной политики и стратегии и Институте океанографии Скриппса.

Используя спутниковые данные, собранные за почти два десятилетия, Цзян и соавтор Дженнифер Берни из Стэнфордского университета измерили, какая часть мировых осадков приходится на испарение с суши.

Они обнаружили, что когда более трети осадков поступает с суши, пахотные земли становятся значительно более уязвимыми к засухе, потере почвенной влаги и снижению урожайности — вероятно, потому, что системы с океаническим источником, как правило, обеспечивают более обильные осадки, в то время как системы с наземным источником, как правило, обеспечивают менее надежные ливни, что увеличивает вероятность дефицита воды во время критических стадий роста сельскохозяйственных культур.

Две глобальные горячие точки по полевому гидроклимату: Средний Запад США и Восточная Африка

«Наш анализ показывает, что доля дождевой воды, поступающей с суши (f), варьируется как географически, так и сезонно, с важным пороговым значением $\sim 36\%$. Регионы с более высоким f , то есть более зависящие от воды, поступающей с суши, более подвержены недостаточному снабжению дождевой водой и дефициту почвенной влаги в течение основного вегетационного периода.

Сельскохозяйственные культуры в этих регионах демонстрируют более высокую чувствительность к гидроклимату — со снижением урожайности в годы с малым количеством осадков — и более высокой вероятностью засухи. Примечательно, что более 40% мировой кукурузы и 60% озимой пшеницы выращивается в регионах, где количество осадков сильно зависит от влаги, поступающей с поверхности земли ($f \geq 36\%$), что подчёркивает уязвимость основных сельскохозяйственных культур к гидроклиматическому стрессу. Наши результаты подчёркивают важность управления местными источниками влаги в почве и показывают, где целевые стратегии управления водными ресурсами с наибольшей вероятностью могут повысить устойчивость сельского хозяйства. Для фермеров в регионах, сильно зависящих от влаги, получаемой непосредственно из земли, например, в некоторых районах Среднего Запада или Восточной Африки, наличие местной воды становится решающим фактором успеха в выращивании урожая. Изменение влажности почвы или вырубка лесов могут иметь мгновенные, каскадные последствия для урожайности», — сказал Янь Цзян.

В исследовании выделены две наиболее уязвимые точки: Средний Запад США и тропическая Восточная Африка.

Янь Цзян отмечает, что на Среднем Западе засухи в последние годы стали более частыми и интенсивными — даже в одном из самых продуктивных и технологически продвинутых сельскохозяйственных регионов мира.

«Наши результаты показывают, что высокая зависимость Среднего Запада от влаги, получаемой из окружающей почвы и растительности, может усиливать засухи через то, что мы называем „циклами обратной связи с осадками“. Когда земля высыхает, уменьшается испарение, что, в свою очередь, уменьшает количество осадков в будущем, создавая самоподдерживающийся цикл засух», - пояснил исследователь.

Поскольку этот регион также является крупным поставщиком зерна на мировые рынки, перебои в поставках там имеют резонансные последствия далеко за пределами США. Ученый считает, что зерновым производителям Среднего Запада, возможно, следует уделять больше внимания управлению влажностью почвы, эффективности орошения и срокам посадки, чтобы избежать усугубления стресса, вызванного засухой.

В Восточной Африке, напротив, ситуация более опасная, но всё ещё обратимая. Стремительное расширение пахотных земель и исчезновение прилегающих тропических лесов грозят подорвать те самые источники влаги, которые обеспечивают осадки в регионе.

«Это создаёт опасный конфликт. Фермеры вырубают леса, чтобы выращивать больше урожая, но эти леса способствуют выпадению осадков, от которых зависят посевы. Если этот источник влаги исчезнет, местная продовольственная безопасность окажется под большим риском. Восточная Африка находится на переднем крае перемен, но ещё есть время действовать. Более разумное управление земельными ресурсами, например, сохранение лесов и восстановление растительности, может защитить от осадков и поддержать рост сельского хозяйства», - говорит исследователь.

Леса как заклинатели дождя

Исследование подчёркивает, что леса и естественные экосистемы являются важнейшими союзниками сельского хозяйства. Леса выделяют огромное количество водяного пара в атмосферу посредством испарения и транспирации (когда растения производят влагу), фактически засеивая облака, приносящие дождь на близлежащие сельскохозяйственные угодья.

Защита этих экосистем — это не только вопрос биоразнообразия, но и поддержка сельского хозяйства.

Исследования Янь Цзяна предлагают новую научную основу, связывающую управление земельными ресурсами, режимы выпадения осадков и планирование сельскохозяйственных культур — взаимосвязь, которая может стать центральной для будущих стратегий устойчивости к засухе.

Новая технология спутникового картирования, использованная в исследовании, может помочь правительствам и фермерам определить, куда следует инвестировать в ирригационную инфраструктуру, хранение почвенной влаги и сохранение лесов для поддержания стабильного уровня осадков.

Вмешательство в климат может привести к снижению содержания белка в основных мировых продовольственных культурах¹⁷

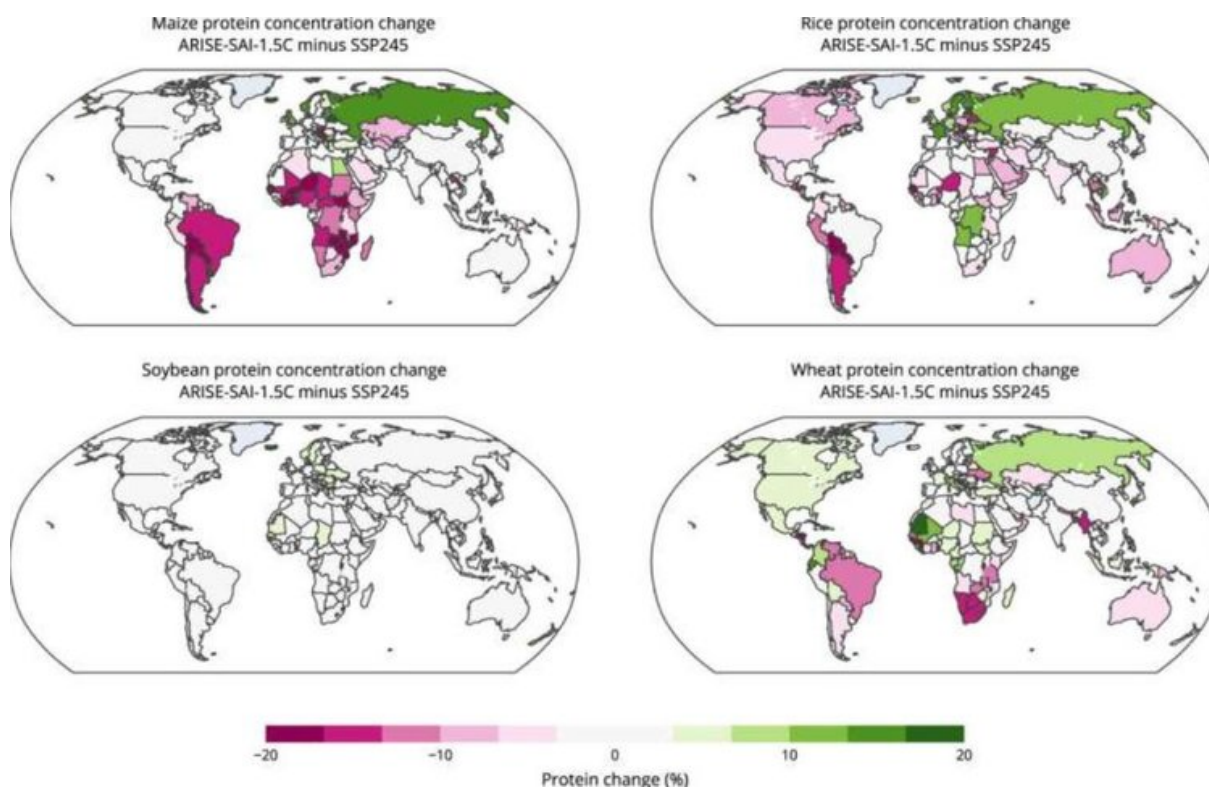
В новом исследовании сообщается, что охлаждение планеты путем впрыскивания диоксида серы в стратосферу (предлагаемый метод вмешательства в изменение климата) может привести к снижению питательной ценности сельскохозяйственных культур по всему миру.

Ученые Ратгерского университета использовали модели глобального климата и сельскохозяйственных культур, чтобы оценить, как воздействие стратосферных аэрозолей (SAI), один из видов солнечной геоинженерии, повлияет на уровень белка в четырёх основных мировых продовольственных культурах: кукурузе, рисе, пшенице и сое. Подход SAI, вдохновлённый вулканическими извержениями, предполагает выброс диоксида серы в стратосферу. Этот газ преобразуется в частицы серной кислоты, образуя устойчивое облако в верхних слоях атмосферы, которое отражает небольшую часть солнечного излучения, тем самым охлаждая Землю.

Хотя эти зерновые культуры являются преимущественно источниками углеводов, они также обеспечивают значительную долю пищевого белка для значительной части населения мира. Моделирование показало, что повышение концентрации CO₂, как правило, снижает содержание белка во

¹⁷ Источник: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mnenija-kommentarii/vmeshatelstvo-v-klimat-mozhet-privesti-k-snizheniyu-soderzhanija-belka-v-osnovnyh-mirovyh-prodovolstvennyh-kulturah.html> Опубликовано 10.11.2025

всех четырёх культурах, в то время как повышение температуры, как правило, увеличивает его. Поскольку SAI предотвращает рост температуры, эффект CO₂ не будет компенсироваться потеплением, и содержание белка снизится по сравнению с более тёплым миром без SAI.



«Подход SAI не сможет полностью противостоять последствиям изменения климата; вместо этого он создаст новый климат, в котором связь между CO₂ и температурой поверхности будет нарушена. Это, вероятно, снизит содержание белка в сельскохозяйственных культурах и повлияет на экологию растений другими способами, которые мы пока не до конца понимаем», — сказал Брендан Кларк, бывший докторант кафедры наук об окружающей среде Ратгерской школы экологических и биологических наук (SEBS) и ведущий автор исследования.

Модели показывают, что воздействие стратосферных аэрозолей по-разному влияет на содержание белка в сельскохозяйственных культурах в разных регионах, причём наибольшее снижение наблюдается в странах, где уже наблюдается недоедание и дефицит белка. Авторы подчеркивают необходимость дополнительных полевых исследований и разработки моделей для принятия более обоснованных решений относительно этого метода.

«Готовы ли мы жить со всеми этими потенциальными последствиями, чтобы уменьшить глобальное потепление? Именно этот вопрос мы пы-

таемся здесь задать. Мы пытаемся количественно оценить каждый из потенциальных рисков и выгод, чтобы в будущем принимать обоснованные решения», — сказал Алан Робок, заслуженный профессор климатологии кафедры наук об окружающей среде SEBS и соавтор исследования.

Вертикальные фермы выбрасывают больше углерода, чем традиционное производство¹⁸

Вертикальные фермы могут обеспечивать огромную урожайность и экономить воду, но новое исследование, проведенное в Великобритании, показало, что выбросы углерода при их использовании по-прежнему выше, чем при традиционном выращивании салата, что ставит новые вопросы о том, может ли эта технология обеспечить устойчивое производство продовольствия.

Исследование Университета Суррея показывает, что над этой технологией еще предстоит поработать, чтобы она стала по-настоящему устойчивой.

Исследование, опубликованное в журнале Food and Energy Security, считается первым, в котором в полной мере учитываются выбросы в почву при полевом производстве и сравниваются с выбросами, выращенными на коммерческой вертикальной ферме в Великобритании.

Используя оценку «от колыбели до магазина», группа проанализировала две британские фермы по выращиванию салата – одну на минеральной почве и одну на торфяной – а также испанского поставщика, а затем сопоставила эти результаты с вертикальной системой.

Основные результаты неоспоримы: вертикальная ферма дала около 97 кг салата с квадратного метра, что более чем в 20 раз превышает урожайность на поле, составляющую 3,3 кг/м². Кроме того, она сократила потребление воды до 0,9 м³ на кг салата по сравнению с 7,3 м³/кг в Испании, где потребность в орошении высока.

Однако углеродный реестр говорит об обратном. Даже при использовании возобновляемой электроэнергии вертикально выращенный салат генерировал около 0,93 кг парниковых газов на килограмм, в то время как на полевых фермах Великобритании этот показатель составлял 0,57 кг/кг.

¹⁸ Источник: <https://glavagronom.ru/news/vertikalnye-fermy-vybrasyvayut-bolshe-ugleroda-chem-tradicionnoe-proizvodstvo> Опубликовано 24.09.2025

Ведущий автор Майкл Гаргаро заявил, что вертикальные системы могут «преобразовать продовольственную безопасность в Великобритании», поскольку климат и засуха наносят ущерб традиционному сельскому хозяйству, но он предупредил, что такой подход «в настоящее время сопряжен с более высокими издержками на выбросы углерода».

По его словам, теперь задача состоит в том, чтобы «сделать вертикальное фермерство более энергоэффективным и лучше интегрировать его с системами возобновляемых источников энергии, чтобы оно стало по-настоящему устойчивым решением».

Материалы также имеют значение. Значительная часть экологического следа была связана с потреблением энергии и использованием джутового волокна вместо почвы. Исследователи обнаружили, что переход на альтернативные материалы, такие как кокосовое волокно, может сократить воздействие на землю более чем на 95%, что указывает на верный путь к снижению воздействия.

Вывод исследования неоднозначен: вертикальное земледелие пока не является самым низкоуглеродным способом производства салата, но целенаправленные улучшения в энергоэффективности и средах выращивания могут изменить баланс.

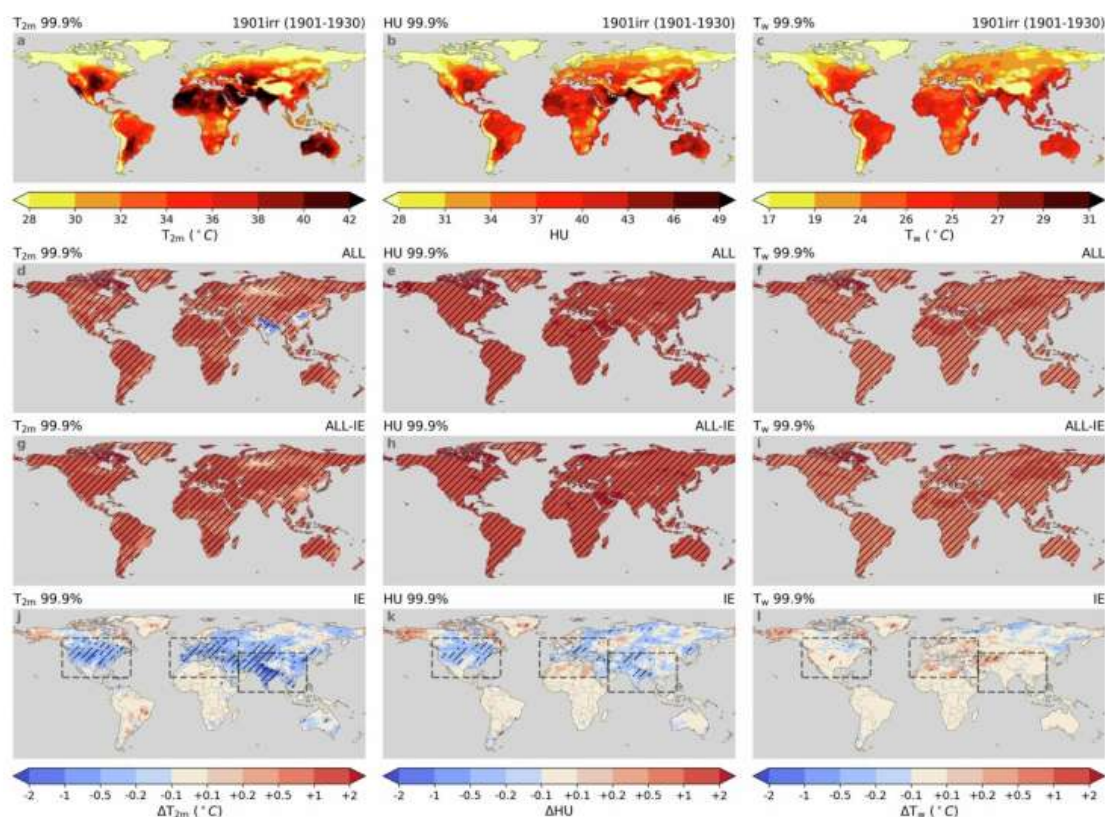
Поскольку изменение климата и нехватка воды угрожают таким традиционным регионам земледелия, как Испания, авторы утверждают, что вертикальные системы – усовершенствованные и более эффективные – могут стать ключевым элементом стратегии продовольственной безопасности Великобритании.

Орошение с обратным эффектом: как глобальное сельское хозяйство усиливает тепловой стресс и дефицит водных ресурсов¹⁹

Три новых крупных исследования под руководством доктора И. Яо (Свободный университет Брюсселя и Цюрихский технологический университет) показали, что, хотя орошение может рассматриваться как мера смяг-

¹⁹ Источник: When irrigation backfires: Global farming practices are driving heat stress and water strain, research warns / <https://phys.org/news/2025-11-irrigation-backfires-global-farming-stress.html> Опубликовано 5.11.2025

чения последствий экстремальной жары, его преимущества сопровождаются определёнными негативными эффектами.



В первом исследовании, опубликованном в *Nature Communications*, анализировались исторические данные по орошению за период 1901–2014 гг. Команда учёных изучала, как расширение орошения влияло на условия экстремальной жары. Используя шесть современных моделей земной системы для повышения достоверности результатов, они установили, что орошение способствовало снижению частоты очень высоких температур воздуха (экстремальной «сухой жары») в регионах с интенсивным орошением.

Однако, как отметили исследователи, поскольку орошение также повышает влажность воздуха, его благотворное воздействие на стресс от «влажной жары» (температуры по влажному термометру) оказалось значительно слабее.

Доктор И. Яо, ведущий автор исследования и научный сотрудник ETH Zurich, который проводил это исследование во время своей докторской диссертации в Брюссельском свободном университете (VUB), отметил, что для людей влажная жара может быть опаснее сухой. Он пояснил, что при одинаковой абсолютной температуре уровень влажности суще-

ственно влияет на способность организма справляться с тепловым стрессом

По словам Яо, в их исследовании было показано, что в некоторых регионах мира орошение усиливало воздействие влажно-теплого стресса, что может поставить под угрозу миллионы людей, проживающих в этих зонах.

Во втором исследовании, также опубликованном в Nature Communications, учёные проанализировали будущее и спрогнозировали, как совокупное влияние выбросов парниковых газов и методов орошения скажется на рисках засушливого и влажного теплового стресса в течение этого столетия. Для этого они использовали моделирование будущих условий с помощью модели земной системы, применяя различные сценарии выбросов и орошения.

Исследователи установили, что, хотя орошение в некоторой степени может смягчить экстремальные засуху и жару, оно не способно противостоять общей тенденции глобального потепления.

Профессор Вим Тиери, климатолог из VUB и старший автор обоих исследований, предупредил, что прогнозы показывают: люди будут сталкиваться с гораздо большим количеством часов экстремальной влажной жары каждый год. В некоторых тропических регионах это может составлять более тысячи дополнительных часов в год по сравнению с прошлым, и приспособиться к таким условиям будет чрезвычайно сложно.

По словам Тиери, исследования показывают, что орошение будет усиливать риски, связанные с влажной жарой, особенно в таких регионах, как Южная Азия, где ежегодно происходят тепловые волны, угрожающие жизни. В предыдущем исследовании команда подсчитала, что около трёх четвертей детей, родившихся в Индии в 2020 г., будут подвергаться беспрецедентному воздействию тепловых волн на протяжении всей жизни, если текущий уровень выбросов парниковых газов сохранится.

В третьем исследовании, опубликованном в журнале Nature Water, учёные изучили, как глобальное распространение орошения повлияло на ресурсы пресной воды в исторической перспективе.

Доктор И. Яо отметил, что, используя семь передовых моделей земной системы в рамках сравнительного анализа, команда обнаружила: расширение орошения с 1901 г. значительно увеличило потери воды с поверхности земли за счёт усиления эвапотранспирации, и это истощение не было компенсировано изменениями в местных осадках.

Это означает, что из-за быстрого расширения орошения в сельском хозяйстве из земли уходит больше воды, чем возвращается в виде осадков. По словам исследователей, этот дисбаланс привел к значительным регио-

нальным потерям воды, особенно в районах, где орошение сельскохозяйственных угодий является важной проблемой. В некоторых из этих регионов, в частности в Южной Азии и Центральной Северной Америке, с 1901 по 2014 гг. объем запасов воды в почве уменьшился на 500 мм.

Доктор И. Яо подчеркнул, что их исследование поднимает тревогу относительно того, что ирригация в сочетании с изменением климата истощает почвы, реки и подземные воды, создавая серьезные опасения по поводу долгосрочной водной безопасности.

Профессор Вим Тиери добавил, что вызывает беспокойство факт: крупные регионы с интенсивным орошением уже находятся на пути к неустойчивому развитию, и для них требуется срочное внедрение водосберегающих технологий. К таким мерам относятся эффективные методы орошения, например капельные или дождевальные системы, а также переход к выращиванию культур, требующих меньшего количества воды, чтобы предотвратить дальнейшее истощение жизненно важных запасов пресной воды.

Исследователи отмечают, что эти выводы дают четкий сигнал: орошение, охлаждающее воздух, отражает лишь часть картины. Когда высокая температура сочетается с повышенной влажностью, орошение может усиливать риски для здоровья человека. Поэтому планирование мер по адаптации к усиливающемуся воздействию изменения климата на сельское хозяйство должно выходить за рамки простого расширения ирригации. Оно должно быть направлено на повышение эффективности орошения, чтобы ограничить истощение водных ресурсов и уменьшить тепловой стресс для человека.

Наконец, исследователи подчеркивают, что ключевым условием является сокращение выбросов парниковых газов уже сегодня, чтобы ограничить самые серьезные последствия глобального потепления.

Современное состояние отрасли и тенденции будущего

Глобальные тенденции ирригации: взгляд на будущее отрасли²⁰

Аналитики отмечают, что система орошения в сельском хозяйстве сталкивается с быстрыми изменениями под влиянием дефицита воды, экономических вызовов, развития искусственного интеллекта и внедрения устойчивых практик. По их словам, к концу года рынок ирригации претерпевает значительные преобразования, вызванные как глобальными, так и внутренними тенденциями.

Отрасль меняется в ответ на острую необходимость сохранения водных ресурсов и перехода к более устойчивым методам ведения хозяйства. Они рассматривают это направление как важную часть масштабного внедрения технологий точного земледелия и интеллектуального орошения, направленных на оптимизацию использования ресурсов, повышение урожайности и укрепление здоровья растений.

Государственная поддержка и субсидии в разных странах ускоряют внедрение передовых ирригационных технологий. По их мнению, правительства все чаще признают, что инвестиции в устойчивое сельское хозяйство становятся ключевым фактором обеспечения продовольственной безопасности и сохранения природных ресурсов. Они добавляют, что искусственный интеллект рассматривается как мощный, но пока недостаточно использованный инструмент для развития систем орошения. Понимание этих тенденций критически важно для профессионалов отрасли. Успех зависит не столько от абстрактных рыночных показателей, сколько от способности адаптироваться к новым вызовам, возможностям и технологическим изменениям, которые определяют будущее ирригационной отрасли.

Дефицит воды и регулирование

В условиях изменения климата, учащения экстремальных погодных явлений и ужесточения нормативных требований, дефицит воды становит-

²⁰ Источник: Mike Zawacki. Global Irrigation Outlook: Worldwide Evolutions / <https://irrigationtoday.org/features/global-irrigation-outlook-worldwide-evolutions/> Опубликовано 18.11.2025

ся одной из ключевых проблем, влияющих на принятие решений на мировых рынках сельскохозяйственного орошения.

По мере усиления регулирующего надзора ожидается введение дополнительных ограничений, говорит Обри Гарза, главный операционный директор компании *Irrigation Resources Inc.*, которая занимается проектированием и установкой индивидуальных систем орошения для сельского хозяйства. Она отмечает, что в засушливых регионах, таких как Калифорния, эта проблема особенно актуальна и требует внедрения новых технологий. Гарза подчеркивает, что это существенно влияет на планирование и определяет необходимость использования технологий, обеспечивающих максимально эффективное распределение водных ресурсов.

Густаво Оберто, президент по глобальному орошению в *Lindsay Corp.*, мировом производителе и дистрибьюторе оборудования и технологий для орошения и инфраструктуры, отмечает, что фундаментальные изменения в мышлении фермеров поддерживают этот технологический сдвиг. Он указывает, что новое поколение фермеров постепенно переходит от подхода «моя ферма, моя вода» к концепции «наша вода, наше будущее».

По словам Оберто, новое поколение фермеров более внимательно относится к вопросам изменения климата, рационального использования водных ресурсов и социальной ответственности. Он подчеркивает, что наблюдается смена менталитета: фермеры используют только столько воды, сколько необходимо для достижения целей по урожаю, и ни капли больше, что он считает очень обнадеживающим сигналом для отрасли.

Экономическая неопределенность

Аналитики прогнозируют, что в предстоящем году тарифы и сбои в мировой торговле окажут значительное влияние на ирригационную отрасль, затронув стоимость и доступность оборудования. Судя по последним данным, большинство специалистов в области ирригации готовятся к тому, что тарифы США окажут многогранное воздействие на мировой рынок ирригации в 2026 году. Они отмечают, что последствия будут ощущаться по всей цепочке поставок, затронув производителей, дистрибьюторов, сельскохозяйственных производителей и конечных пользователей.

Брайан Твид, менеджер по продажам и маркетингу компании *Irritec USA* из Фресно, Калифорния, считает, что введение тарифов США представляет собой серьезную проблему для отрасли. Он указывает, что среди всех тарифов особенно проблематичными являются тарифы на сталь и алюминий. В качестве примера он приводит небольшой ирригационный

компонент, который на 95 % состоит из пластика, но содержит один стальной винт. По словам Твида, сотрудникам компании приходится анализировать каждый такой компонент, определять его вес, место производства и вид использованной стали, чтобы понять, как правильно учитывать тарифные обязательства. Он подчёркивает, что это требует значительного времени и усилий со стороны сотрудников, которые пытаются обеспечить корректное выполнение требований по оплате тарифов.

Помимо тарифов, аналитики отмечают, что на ирригационную отрасль влияет рост затрат на сырьё. Это касается не только ПВХ и других компонентов ирригационных систем, стоимость которых может колебаться. По мере перехода отрасли к точному земледелию и цифровому фермерству ожидается, что стоимость датчиков, контроллеров и других сложных деталей будет расти вместе с увеличением спроса. Обри Гарза подчёркивает, что прогнозирование этих затрат не всегда является простой задачей. Она отмечает, что колебания цен, связанные с неопределённостью тарифов, трудно предсказать и спланировать. По её словам, сегодня компания может ожидать повышения цен на определённую сумму или процент, а завтра ситуация может измениться, что делает планирование затрат крайне сложным.

Густаво Оберто добавляет, что неопределённость в торговой политике Северной Америки вызывает волатильность цен и перебои в поставках, что усложняет среднесрочное планирование для производителей и поставщиков. Он подчёркивает, что при сокращении маржи производители концентрируются на инвестициях в эффективные решения, так как рентабельность инвестиций для них является не модным словом, а стратегией выживания.

Еще одной экономической проблемой аналитики называют роль государственной поддержки ирригационных инициатив во всем мире. Субсидии, по их мнению, имеют решающее значение для ускорения внедрения новых ирригационных технологий. Густаво Оберто отмечает, что сокращение субсидий в некоторых странах из-за изменения приоритетов — например, в области обороны или бюджета — может оказывать значительное влияние на скорость принятия и внедрения технологий в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

В то же время Кэти Пауэлл, президент компании *Munro Co.*, производителя насосов и сопутствующего оборудования, подчёркивает, что отрасль ирригации обладает высокой устойчивостью. Она указывает, что периоды экономического спада могут быть полезными, поскольку предоставляют возможности для поиска инновационных решений, которые могли быть упущены в более активные экономические периоды.

Она отмечает, что при возникновении проблем, особенно в бизнес-среде, отрасль должна рассматривать их как возможность продолжать движение в направлении, которое, по её мнению, является правильным для развития сектора.

Продовольственная безопасность

Аналитики отмечают, что точное земледелие перестает быть роскошью и становится основным требованием в сфере ирригации. Хотя другие сектора сельского хозяйства активно внедряют эти технологии, специалисты в области ирригации признают, что их отрасль делает это медленнее. Тем не менее нестабильность климата, нехватка рабочей силы, сокращение прибыли и острая необходимость обеспечения продовольственной безопасности ускоряют внедрение новых технологий орошения для рационального использования водных ресурсов.

Майк Хемман, президент компании *Netafim North America*, специализирующейся на решениях для точного орошения, отмечает рост спроса на интегрированные системы анализа данных. По его словам, фермеры хотят иметь единую платформу для просмотра всех данных о хозяйстве — как с датчиков, установленных в полях, так и из внешних источников, таких как прогнозы погоды и данные о затратах на энергию. Это позволяет принимать более обоснованные и эффективные решения по орошению.

Хемман подчеркивает, что точное орошение помогает решать проблемы с рабочей силой. Например, фермер с неавтоматизированной системой должен тратить значительное время на ручное управление клапанами для каждого цикла орошения. Он указывает, что рабочая сила становится дефицитным и дорогостоящим ресурсом, поэтому автоматизация функций орошения существенно облегчает работу фермеров.

Эксперты также отмечают, что агрессивная глобальная экспансия сельскохозяйственных земель способствует ускоренному внедрению ирригационных систем. Густаво Оберто сравнивает текущий рынок ирригационных систем в Бразилии с рынком Небраски и Техаса в 1970–1980-х гг., когда механизированные ирригационные системы, включая системы кругового орошения, переживали бурный рост.

По его словам, значительные инвестиции в ирригацию наблюдаются также в странах Ближнего Востока и Северной Африки, где засушливые земли превращаются в плодородные поля. В Восточной Европе, отмечает Оберто, активно модернизируются устаревшие ирригационные системы советского периода, что позволяет повысить эффективность распределения водных ресурсов и вернуть в оборот ранее непродуктивные земли.

Он подчеркивает, что инициативы по ирригации в Бразилии, на Ближнем Востоке и в Восточной Европе в первую очередь продиктованы необходимостью обеспечения продовольственной безопасности и национальной продовольственной независимости. По его мнению, ирригация и технологии орошения становятся решающим фактором для сельского хозяйства: в регионах с ограниченными водными ресурсами они определяют наличие или отсутствие урожая, а значит — доход фермеров.

Климат и экстремальные погодные условия

Аналитики отмечают, что экстремальные погодные явления оказывают значительное влияние на тенденции в области орошения. По словам Тайлера Филдса, старшего глобального директора по водным решениям в *Valley Irrigation*, мировом производителе технологий и оборудования для точного орошения, недавние штормы на Среднем Западе и ураганы на Юго-Востоке США продемонстрировали масштабные повреждения систем кругового орошения и другого критически важного оборудования.

Филдс указывает, что, например, в Джорджии за последние восемь лет наблюдалось множество ураганов, которые разрушали инфраструктуру и уничтожали урожай, заставляя фермеров немедленно восстанавливать работу систем орошения, чтобы спасти посевы. Он подчеркивает, что сочетание экстремальных дождей, сильного ветра, жары и засухи создает значительные проблемы для сельскохозяйственного сектора, требуя высокой адаптивности и упреждающего подхода к управлению орошением.

Густаво Оберто добавляет, что климатическая нестабильность уже не является аномалией, а становится новой нормой. По его мнению, современные технологии помогают справляться с этой непредсказуемостью. Он отмечает, что более точные прогнозы погоды позволяют принимать эффективные решения по орошению и использованию воды. Хотя технологии не могут предотвратить катастрофические явления, такие как торнадо или ливневые паводки, они эффективно управляют более типичными погодными колебаниями, позволяя фермерам сбалансировать потребности культур с доступными водными ресурсами и ожидаемым количеством осадков.

Искусственный интеллект

Эксперты подчеркивают, что искусственный интеллект служит мощным ускорителем развития ирригационной отрасли и его влияние выходит

за рамки простой автоматизации задач и экономии времени. По их мнению, ИИ способен усовершенствовать процесс принятия решений, превращая хорошие решения по использованию воды в отличные.

Густаво Оберто отмечает, что ИИ может преобразовать бизнес, повысить эффективность и сэкономить ресурсы. Он прогнозирует, что ИИ будет дальше активно внедряться в ирригационные продукты для оптимизации процесса принятия решений. Оберто ожидает появления платформ на базе ИИ, использующих спутниковые изображения и сложные алгоритмы для прогнозирования урожайности, риска заболеваний и точного определения потребностей в орошении.

По его словам, ИИ позволяет фермерам лучше понимать данные и принимать решения по орошению с учетом реальных условий на поле, погоды и особенностей выращиваемых культур. Это даёт возможность сэкономить воду и ресурсы, исключить догадки и снизить затраты времени на анализ информации.

Брайан Твид соглашается с этим и добавляет, что ИИ способен анализировать огромные объёмы данных об орошении. В сочетании с прогнозами погоды и тенденциями климатических условий, ИИ помогает фермерам точно определять время и объём полива, что ведёт к более эффективному и рациональному использованию водных ресурсов.

Кэти Пауэлл отмечает, что эти тенденции постепенно затронут и сектор ландшафтного орошения, особенно в крупных проектах, таких как парки и коммерческие объекты. По её прогнозу, ИИ в конечном итоге станет обычным инструментом и для домовладельцев, изменяя подход к управлению всеми типами систем орошения.

Майк Хемман добавляет, что в более контролируемых условиях таких проектов проблем меньше, что делает их идеальными для внедрения проверенных сельскохозяйственных ирригационных технологий.

Положительные тенденции

Лидеры ирригационной отрасли отмечают и положительные тенденции, определяющие развитие сектора, помимо вопросов, связанных с водой. Брайан Твид указывает на растущее внимание отрасли к переработке отходов, отмечая, что Европа давно придерживается прагматичного подхода, признавая, что процесс переработки, хотя и затратный, является правильным шагом.

По словам Твида, все больше производителей оснащаются технологиями, позволяющими использовать переработанные материалы в некото-

рых продуктах, таких как толстостенные капельные шланги и распределительные трубы. Хотя использование переработанных материалов в капельной ленте по-прежнему представляет сложность из-за её конструкции, отрасль движется в направлении более устойчивой модели.

Твид подчеркивает, что потребительский спрос стимулирует эти изменения: всё больше фермеров и дилеров, включая США, требуют внедрения программ по переработке отходов. Он отмечает, что в Калифорнии почти все капельные шланги подлежат переработке, тогда как в других регионах страны необходимая инфраструктура и программы еще разрабатываются. Рост спроса со стороны сельскохозяйственного сообщества, по его мнению, является мощной силой, продвигающей отрасль к более устойчивому будущему.

Он также обращает внимание на рост интереса к полиэтилену высокой плотности (HDPE) в ирригации, который постепенно вытесняет ПВХ. По словам Твида, в Европе использование ПВХ сокращается уже многие годы, в первую очередь из-за трудностей переработки. В США HDPE начинает использоваться для магистральных трубопроводов, и он считает это положительным явлением для рынка, прогнозируя, что в долгосрочной перспективе HDPE станет доминирующим материалом. Он отмечает, что HDPE легко перерабатывается, прочен и безопасен для применения.

Эти тенденции и связанные с ними вызовы способствуют большей профессионализации отрасли. Кэти Пауэлл подчеркивает, что организации, такие как Ассоциация ирригации, поддерживают этот процесс через обучение, сертификацию и пропаганду. По её мнению, более профессиональная рабочая сила лучше понимает важность интеллектуальных технологий, продуктов и практик в области орошения.

Пауэлл добавляет, что специалисты с глубокими знаниями могут эффективно объяснять клиентам долгосрочную ценность решений, даже если их первоначальная стоимость выше, а также обучать их эффективно использовать оборудование. Она считает, что это открывает новые возможности для развития отрасли ирригации.

Точность и меткость в сельском хозяйстве: уроки с мишени для дартса²¹

В сельском хозяйстве, особенно в сфере орошения и управления питательными веществами, термины «точность» и «меткость» нередко используют как синонимы. На самом деле это разные понятия, и понимание их различий может стать ключевым фактором повышения эффективности использования воды и ресурсов. Неправильная интерпретация этих терминов способна приводить к систематическим ошибкам в агротехнологических процессах.

Удобным способом визуализировать различия между этими понятиями служит классическая аналогия с мишенью для дартса, наглядно демонстрирующая, почему в современных сельскохозяйственных технологиях важны и точность, и меткость.

Аналогия с мишенью для дартса

Представьте, что вы стоите перед дартс-доской и целитесь в центр — «яблочко». Качество ваших бросков можно условно разделить на четыре категории:

- Точно, но не метко: дротики падают близко друг к другу, но смещены относительно цели.
- Метко, но не точно: попадания разбросаны вокруг центра; иногда удается попасть в цель, но без систематичности.
- Ни точно, ни метко: дротики распределены хаотично по всей доске, нет ни стабильности, ни приближения к центру.
- И точно, и метко: попадания образуют плотную группу непосредственно в центре мишени.

В сельском хозяйстве эта аналогия напрямую отражает управление водой, удобрениями и средствами защиты растений. Цель состоит в том, чтобы ресурсы применялись и в нужном месте, и с высокой повторяемостью, то есть быть одновременно точными и меткими.

²¹ Источник: Jim Lauria. Precision vs. accuracy in agriculture: Lessons from the dartboard / <https://irrigationtoday.org/features/precision-vs-accuracy-in-agriculture-lessons-from-the-dartboard/> Опубликовано 18.11.2025

Точность в сельском хозяйстве

Точность в сельском хозяйстве означает стабильность и воспроизводимость, то есть способность системы каждый раз одинаково подает воду, вносит питательные вещества или средства защиты растений. Современные технологии — такие как GPS-управляемое орошение, дифференцированное орошение, а также автоматизированные системы орошения (автополив) — обеспечивают высокую точность, следуя заранее заданным маршрутам, нормам и алгоритмам подачи.

Например, круговая система орошения, которая при каждом проходе подаёт строго 1 дюйм воды (25, 4 мм) на определённый участок поля, демонстрирует высокую точность. Однако если этот участок не нуждается именно в таком объёме влаги, то такое орошение не будет метким.

Меткость в сельском хозяйстве

Меткость означает соответствие внесения ресурсов фактической потребности — то есть подачу нужного количества воды в нужное место и в нужный момент. Система орошения с высокой меткостью обеспечивает подачу воды строго туда, где она действительно требуется, предотвращая как чрезмерный полив, так и недостаточный полив.

Например, фермер, который использует датчики влажности почвы для определения нормы орошения и корректирует подачу воды на основе фактических показаний, действует метко — даже если объём или метод подачи слегка варьируются от цикла к циклу. Ключевое отличие заключается в том, что меткость обеспечивает соответствие внесения реальной потребности растений, даже если процесс подачи не всегда демонстрирует идеальную точность.

Идеальный сценарий: точность и меткость в одном флаконе

Конечной целью точного земледелия является совмещение точности и меткости, подобно опытному игроку в дартс, который всегда попадает в «яблочко».

Достижение такого баланса предполагает:

- Использование высокоточных технологий — GPS-навигация, автоматизированные ирригационные системы и дифференцированный режим орошения для обеспечения повторяемости.

- Проверку точности в реальном времени с помощью данных с датчиков влажности почвы, метеостанций и спутниковых снимков.
- Оптимизацию применения ресурсов с помощью аналитики, позволяющей корректировать подачу воды и удобрений в зависимости от типа почвы, рельефа и потребностей сельскохозяйственных культур.

Например, система орошения с переменной скоростью, которая регулирует подачу воды в зависимости от уровня влажности почвы в режиме реального времени, обеспечивает и точную, и меткую подачу воды именно туда, где это необходимо. Такой подход сокращает потери ресурсов и повышает урожайность.

Почему это важно для орошения

В управлении орошением точность без меткости превращается в постоянную систематическую ошибку. Точное, но не меткая подача воды может привести к следующим последствиям:

- Чрезмерный полив, вызывающий сток, вымывание питательных веществ и потерю воды.
- Недостаточный полив, который приводит к стрессу у растений и снижению урожайности.

Интеграция технологий точного полива с принятием решений, основанных на меткости, позволяет фермерам и специалистам по ирригации:

- Повысить эффективность использования водных ресурсов.
- Сократить затраты на ресурсы.
- Минимизировать воздействие на окружающую среду.
- Повысить урожайность и качество продукции.

Цельтесь в «яблочко»

Аналогия с мишенью для дартса наглядно показывает одно: **одной** точности недостаточно — необходимо также быть метким (аккуратным) при поливе. В современном сельском хозяйстве точные инструменты должны сочетаться с точными данными, чтобы действительно оптимизировать орошение и управление ресурсами. Когда фермеры достигают этого

идеального баланса — когда полив одновременно точный и меткий — эффективность использования ресурсов, устойчивость систем и прибыльность сельского хозяйства достигают максимума. Стремясь, каждый раз попадать в «яблочко», мы обеспечиваем полное раскрытие потенциала точного земледелия.

Техническое обслуживание и ремонт: обеспечение бесперебойной работы иригационных систем²²

Технологии технического обслуживания и ремонта систем орошения в сельском хозяйстве играют важную роль в обеспечении их долгосрочной эффективности.

Бренда Ортис, доктор наук, профессор Университета Оберна и специалист по точному земледелию Алабамской системы кооперативного расширения (ACES), на протяжении многих лет работала с фермерами, предоставляя им рекомендации и демонстрируя методы обслуживания круговых систем орошения.

По словам Ортис, фермеры не всегда уделяют иригационным системам столько же внимания, сколько тракторам и опрыскивателям. Она отмечала, что техническое обслуживание систем орошения часто не становится для них приоритетом, вероятно, потому что такие системы используются не круглый год или потому, что возникающие проблемы не всегда очевидны.

Специалист подчёркивает, что фермеры и операторы иригационного оборудования могут получать необходимую информацию о передовых методах эксплуатации и обслуживания как у специалистов университетских консультационных служб — учреждений, имеющих земельные наделы для практического сельскохозяйственного образования, — так и у отраслевых экспертов. Эти рекомендации касаются, в том числе, систем и станций водооткачки.

Ортис выражает уверенность, что объём обучения в этой сфере можно и нужно увеличивать. Она также отмечает, что потери воды возникают

²² Источник: Carol Brzozowski. Maintenance & Repair: Keep It Flowing / <https://irrigationtoday.org/features/maintenance-repair-keep-it-flowing/> Опубликовано 18.11.2025

не только из-за неэффективной работы самих систем орошения, но и вследствие недостаточно продуманных методов планирования полива.

Кори Брод (сертифицированный специалист по ирригации и агротехническим системам), менеджер по агротехническим продажам компании *AvidWater*, отмечает, что ключевыми аспектами обслуживания ирригационных систем являются регулярность и правильность выполнения процедур. Он подчёркивает, что многие фермеры проводят обслуживание только при появлении проблем, что, по сути, превращает его в ремонт, а не профилактику. Кроме того, он указывает, что нередко необходимые процедуры не выполняются в полной мере, хотя фермеры считают, что делают всё правильно.

По словам Брода, наиболее важной процедурой является промывка. Для большинства систем её следует проводить не реже одного раза в месяц, соблюдая правильную скорость и продолжительность подачи воды. Он также добавляет, что является сторонником химической очистки и защиты ирригационных систем, поскольку во многих скважинах бактерии и грибки вызывают засоры практически во всех элементах оборудования.

Домоник Россини, менеджер по работе с ключевыми клиентами в области агрономии компании *Orbia, Netafim*, подчёркивает, что наибольшая эффективность достигается, когда оборудование подбирают с учётом особенностей конкретного региона и выращиваемой культуры, а также обеспечивают постоянное и тщательное профилактическое обслуживание. Как и любые другие ирригационные системы, капельные и микроирригационные установки требуют регулярного обслуживания и внимания для обеспечения оптимальной производительности и долговечности. Он отмечает, что при отсутствии должного ухода эмиттеры могут засоряться водорослями, минеральными отложениями или осадками, что приводит к неравномерному распределению воды и удобрений.

В результате растения испытывают стресс, культура созревает неравномерно, увеличиваются затраты ресурсов, а прибыль снижается. Россини также указывает, что со временем компоненты системы могут повреждаться под воздействием грызунов, солнечного света, корневой инвазии, старения и общего износа.

Он подчёркивает, что лучшим способом избежать подобных проблем является профилактика и регулярный уход. По его словам, систематическая промывка оборудования и использование соответствующих средств — таких как хлор или перекись водорода для борьбы с водорослями и кислоты для растворения минеральных отложений — позволяют предотвратить большинство нарушений.

Кроме того, Россини отмечает, что периодическая калибровка датчиков вместе с регулярной промывкой помогает обеспечить равномерное

распределение воды и поддерживать производительность системы в соответствии с первоначальным проектом. Он добавляет, что сочетание этих методов обслуживания помогает поддерживать чистоту распылителей и обеспечивает эффективную и надёжную работу системы.

Россини отмечает, что регулярные сезонные проверки фильтров, клапанов, вентиляционных отверстий, давления и расхода необходимы для предотвращения таких незначительных на первый взгляд проблем, как засорение фильтров, повреждение клапанов, гидравлический удар, обратное всасывание или неравномерное давление, которые со временем могут привести к дорогостоящим последствиям.

Он поясняет, что к рутинным задачам начала сезона относятся проверка давления, тщательный осмотр всех труб, очистка вентиляционных отверстий, контроль состояния клапанов и обеспечение чистоты фильтров. По его словам, середина сезона является оптимальным временем для выявления разрывов трубопроводов, засоров и нарушений равномерности распределения воды, а также для проведения регулярной промывки.

Россини также отмечает, что по окончании сезона правильное отключение системы позволяет уменьшить количество проблем при её последующем запуске. Он подчёркивает, что в более холодных или сложных климатических условиях важно подготовить ирригационные системы к зиме: корректно осушить трубопроводы и защитить компоненты от замерзания, чтобы предотвратить их повреждение. Такие меры, по его словам, значительно продлевают срок службы оборудования и помогают избежать дорогостоящих ремонтов и простоев благодаря более раннему выявлению потенциальных проблем.

Россини отмечает, что бюджетные ограничения и сложность оборудования остаются постоянными проблемами, особенно для небольших фермерских хозяйств с ограниченными ресурсами. Он подчёркивает, что многие ирригационные системы можно внедрять поэтапно, снижая первоначальные затраты и постепенно модернизируя оборудование. По его словам, использование доступных программ стимулирования способно дополнительно облегчить финансовое бремя. Он также указывает, что сотрудничество с профессионалами на этапе первоначальной настройки системы гарантирует корректное проектирование, что позволяет максимально повысить производительность и окупаемость оборудования на протяжении всего срока службы.

Россини добавляет, что в ряде сельских районов доступ к интернету остаётся ограниченным, что усложняет применение подключённых цифровых инструментов. Он отмечает, что некоторые производители рассматривают гибридные системы на солнечной энергии с локальным хранением данных как возможное решение этой проблемы.

Он подчёркивает, что качество воды оказывает значительное влияние на долговечность и эффективность ирригационных систем. По его словам, осадки, водоросли и минералы — в том числе железо — способны засорять фильтры и эмиттеры, особенно в системах, использующих поверхностные или колодезные источники. Россини указывает, что регулярное тестирование воды и установка соответствующих фильтрационных систем помогают снизить износ компонентов, продлевая срок службы и повышая эффективность ирригационного оборудования.

Россини отмечает, что капельные линии с компенсацией давления, оснащённые устойчивыми к засорению элементами, помогают поддерживать надёжную работу даже при использовании воды низкого качества. Он поясняет, что модели с самоочищающимися диафрагмами способны непрерывно удалять мусор, снижая риск засорения и продлевая срок службы системы, а широкие области фильтрации предотвращают попадание осадка в поток.

Брод отмечает, что одной из ключевых проблем остаётся обучение клиентов и, в частности, их обслуживающего персонала. Он указывает, что правильная промывка часто требует серьёзных изменений в рабочих процессах, занимает больше времени и предполагает пересмотр привычных процедур. По его словам, для успешного результата необходимо, чтобы полевые работники были мотивированы, тогда как владельцы хозяйств нередко воспринимают такие инициативы как расходы, а не как инвестиции в будущий урожай.

Он подчёркивает, что решение проблемы сводится к просвещению клиентов, чёткой демонстрации рентабельности вложений в обслуживание и объяснению реальных потерь, возникающих из-за снижения урожайности или производительности систем. Брод отмечает, что отрасль потратила годы на обучение фермеров принципам равномерности распределения воды и её влиянию на урожайность, однако, по его мнению, был упущен ряд возможностей для передачи производителям знаний и инструментов, позволяющих достигать высоких уровней равномерности. Он подчёркивает, что достижение этих показателей должно стать приоритетом отрасли в ближайшие годы.

Образовательные инструменты и ресурсы

Ассоциация ирригации располагает широким набором ресурсов, которые помогают фермерам и специалистам по орошению максимально эффективно использовать свои системы

Ортис отмечает, что несколько публикаций *ACES* также могут быть полезны в образовательных целях. Среди них: «Проблемы эксплуатации и технического обслуживания круговых систем орошения», «Поддержание равномерности подачи воды в оросительных системах» и «Инструменты для орошения с учётом эвапотранспирации сельскохозяйственных культур». В этих материалах выделяются следующие передовые методы.

Проблемы эксплуатации и технического обслуживания круговых систем орошения

- Перед началом сезона орошения следует проверить наличие забитых или изношенных форсунок, отсутствие распылительных головок и/или наличие протекающих манжет.
- Нельзя заменять форсунки без обращения к таблице поворотных дождевателей. Необходимо убедиться, что размер форсунки соответствует её положению на системе, чтобы она работала при требуемом давлении вдоль центрального механизма.
- Если используется система орошения с дифференциальным режимом, необходимо проверить правильность работы соленоидных клапанов и состояние электроники, которые могли быть повреждены в осенне-зимний период.
- Один раз в год рекомендуется проводить тест с помощью улавливателя, чтобы оценить равномерность полива.
- Важно удостовериться, что поворотный механизм работает при давлении, указанном в таблице для данного дождевателя.
- Следует учитывать, что время вращения или скорость движения поворотного механизма напрямую связаны с объёмом подаваемой воды.

Поддержание равномерности подачи воды в ирригационных системах

- Проведение теста на равномерность распределения воды позволяет фермерам и консультантам определить, работает ли система корректно либо возникают проблемы, связанные с неравномерностью. Такие нарушения могут быть вызваны неисправностью оборудования — например, отсутствием дождевателей, засорением или изно-

сом форсунок, соленоидов, регулирующих клапанов, труб — или ошибками в программном обеспечении и электронике.

- Эксплуатация ирригационных систем при давлении, превышающем или ниже проектного, также влияет на подачу воды, изменяя размер капель и характер их распределения.
- Своевременное предотвращение неисправностей в системах орошения снижает риск недостаточного или избыточного использования воды и химических средств, что может негативно сказаться на росте сельскохозяйственных культур, привести к снижению урожайности, ухудшению состояния окружающей среды и увеличению эксплуатационных расходов.

Инструменты для орошения с учетом эвапотранспирации сельскохозяйственных культур

- Определение оптимального объёма и сроков полива зависит от нескольких факторов, включая тип почвы, погодные условия и стадии развития растений.
- Разработано множество инструментов для планирования орошения с учётом эвапотранспирации культур, включая интеллектуальные приложения для орошения и программу *Irrigator Pro*, которые поддерживают фермеров в принятии решений о поливе для различных культур.
- Мобильные приложения для интеллектуального орошения кукурузы и хлопка были протестированы в нескольких районах Алабамы, и рекомендации по поливу — особенно в периоды пикового водопотребления — совпадают с другими методами планирования, например с использованием датчиков почвы.
- Датчики почвы представляют собой ещё один инструмент планирования орошения, широко используемый фермерами и консультантами. Среди популярных решений — *AquaSpy*, *Sentek* и *CropX*. Соображения и рекомендации по установке датчиков можно найти в публикации *ACES* «Установка датчиков почвы для планирования орошения».
- Пользователи должны регулярно отслеживать реакцию датчиков на осадки и ежедневные изменения влажности почвы с учётом водопотребления растениями и их стадии роста, чтобы точнее определять объём и сроки полива.

Среди новых инструментов, доступных подрядчикам и техническим специалистам для оптимизации производительности и сокращения потерь воды, Брод отмечает аэрофотосъёмку и картографирование посевов. Он поясняет, что эти методы позволяют выявлять изменчивость работы ирригационной системы в связи с фактическим производством культур, что является ключевым показателем для фермеров в конце сезона.

Брод добавляет, что датчики давления на объекте и мониторинг расходомеров также оказываются крайне полезными, поскольку позволяют отслеживать работу системы в пространстве и во времени. Он подчёркивает, что возможность быстро определить источник проблемы или точное место её возникновения в поле значительно экономит время.

Россини отмечает, что датчики и технологии искусственного интеллекта интегрируются в контроллеры, чтобы автоматически регулировать подачу воды в зависимости от изменяющихся условий — погодных факторов, влажности почвы и потребностей конкретных культур. Он подчёркивает, что такая оперативность в режиме реального времени позволяет значительно экономить воду и получать более здоровый и стабильный урожай. По словам Россини, подпочвенное орошение доставляет воду непосредственно к корням растений, снижая испарение и потери стока. Оборудование, использующее машинное обучение, способно анализировать потребности растений, получать данные о погоде и создавать индивидуальные графики полива.

Он также отмечает, что устройства с подключением по Bluetooth и сотовой связи обеспечивают быструю диагностику и настройку системы через смартфон или планшет. В сочетании с плановым техническим обслуживанием эти инструменты повышают эффективность использования воды и надёжность работы системы. По словам Россини, эффективное техническое обслуживание защищает инвестиции производителя, продлевает срок службы оборудования, обеспечивает подачу воды точно в те зоны, где она нужна, способствует росту здоровых культур и сокращает долгосрочные затраты. Он подчёркивает, что выбор правильного оборудования, адаптированного к рельефу местности и типу культур, является разумной и ценной инвестицией.

Образование

Преобразование сельскохозяйственного образования: как аграрные университеты Индии переходят к технологичному обучению²³

Сельскохозяйственный сектор Индии остаётся основой национальной экономики: он обеспечивает занятость почти половины трудоспособного населения и вносит существенный вклад в продовольственную безопасность, а также в поддержание уровня жизни в сельских регионах. «Зелёная революция» 1960-х годов кардинально изменила аграрный ландшафт страны, обеспечив рост урожайности и достижение продовольственной самодостаточности благодаря внедрению современных технологий и средств производства.

Однако в настоящее время сектор сталкивается с рядом серьёзных вызовов, включая последствия изменения климата, ограниченность природных ресурсов и необходимость внедрения передовых агротехнологий. Чтобы адаптироваться к новой эпохе сельского хозяйства, Индии требуется курс на инновации и развитие компетенций, соответствующих вызовам будущего.

В этой связи система аграрного образования в стране должна оперативно реагировать на изменяющиеся потребности отрасли. Несмотря на отдельные шаги по модернизации, на протяжении многих лет её развитие оставалось недостаточно динамичным, а содержание учебных программ зачастую не соответствовало требованиям современного рынка труда.

В результате выпускники не обладают достаточными навыками решения проблем и технологическими знаниями, необходимыми для работы с комплексными междисциплинарными задачами. Кроме того, многие студенты, особенно из городских районов, избегают выбирать сельское хозяйство в качестве направления обучения из-за стереотипного представления о том, что эта отрасль связана с тяжёлым физическим трудом и низким уровнем дохода.

Хотя Индии ежегодно требуется около 100 000 специалистов в области сельского хозяйства и смежных дисциплин, количество выпускников составляет лишь половину от этой потребности. Как признаёт Бартибан,

²³ Источник: Cultivating Change in Agricultural Education: The Rise of Tech-Driven Learning in India's Agriculture Universities / <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2025/09/08/cultivating-change-in-agricultural-education-the-rise-of-tech-driven-learning-in-india-s-agriculture-universities> Опубликовано 15.09.2025

молодой студент ветеринарного факультета в Тамил Наду, «просто не хватает людей с необходимыми навыками для обеспечения устойчивого и эффективного развития сельского хозяйства».

Признавая эти вызовы, правительство Индии совместно с Индийским советом по сельскохозяйственным исследованиям (ICAR), при поддержке Всемирного банка, в 2017 г. инициировало Национальный проект по высшему сельскохозяйственному образованию (NAHEP). Эта амбициозная программа была направлена на модернизацию и укрепление сельскохозяйственных университетов по всей стране, с целью обеспечить студентов необходимыми навыками, знаниями и предпринимательским мышлением, соответствующими требованиям быстро развивающегося сектора. Главной задачей проекта стало повышение актуальности, качества и амбициозности сельскохозяйственного образования, а также повышение продуктивности, прибыльности и устойчивости аграрного сектора к изменениям климата.

Посеять семена реформы

В рамках этого проекта ICAR поднял 74 сельскохозяйственных университета страны до мирового уровня, улучшив учебные программы, внедрив инновационные методы преподавания, цифровое обучение и современные учебные классы.

В настоящее время эти университеты перешли к более междисциплинарному подходу, сосредоточив внимание на оснащении студентов навыками, необходимыми для успешной работы в быстро меняющейся отрасли.

Было разработано более 600 новых курсов, ориентированных на рынок, охватывающих такие направления, как предпринимательство, аналитика агробизнеса, искусственный интеллект, робототехника и точное земледелие. Кроме того, 79 дисциплин были пересмотрены и адаптированы для подготовки студентов к вызовам современного конкурентного мира.

Современные лаборатории предоставляют студентам возможность получить практический опыт работы с передовыми технологиями.

Обучение включает использование GPS, дронов и методов дистанционного зондирования. Этот процесс осуществляется в тесном сотрудни-

честве с частным сектором, что гарантирует приобретение студентами навыков, востребованных на рынке труда.

Многие университеты также внедрили виртуальные классы, дополняющие традиционное очное обучение онлайн-курсами — одним из наиболее эффективных способов обучения большого числа студентов при сниженных затратах. Благодаря этому студенты, проживающие в отдалённых регионах, могут получать знания непосредственно от национальных и международных экспертов, знакомиться с уникальными объектами и явлениями, которые были бы им недоступны в обычных условиях.

Кроме того, университеты расширили возможности студентов, предлагая стажировки за рубежом — в Японии, Израиле, Саудовской Аравии, Германии и других странах.

Стоит отметить, что эти изменения значительно повлияли на восприятие сельского хозяйства среди студентов, сделав его более привлекательным и современным направлением.

Содействие развитию культуры стартапов

Проект также способствовал созданию в университетах инкубаторов, направленных на развитие предпринимательского мышления среди студентов. Эти инкубаторы оказали поддержку в запуске более 120 аграрных стартапов, что позволило привлечь инвестиции, создать новые рабочие места и внедрить инновационные решения в сельскохозяйственный сектор.

Например, в городе Тиручираппалли (штат Тамил Наду) студент по имени Рамеш совместно с друзьями основал партнёрскую фирму, которая закупала сельскохозяйственную продукцию напрямую у более чем 100 фермеров, осуществляла её сортировку и поставляла продукцию более чем в 25 учреждений.

Преобразование становится устойчивым

Результаты преобразований уже заметны. Согласно недавнему опросу, проведённому ICAR и Всемирным банком в штатах Ассам, Одиша и Карнатака, от 75 до 94 % студентов теперь считают такие технологии, как искусственный интеллект, машинное обучение, геоинформационные системы (ГИС) и другие цифровые инструменты, ключевыми компетенциями для современного сельского хозяйства.

Национальный директор проекта NANEH и бывший заместитель генерального директора ICAR по сельскохозяйственному образованию г-н Р. К. Агравал отметил, что данный проект установил новый стандарт аграрного образования в Индии, сделав его более актуальным, ориентированным на практические навыки и привлекательным для молодёжи. Он подчеркнул, что, формируя новое поколение лидеров с современными компетенциями, инициатива стимулирует инновации и вносит вклад в достижение Индией целей экономического роста и устойчивого развития.

Воздействие

- Рост числа студентов. В период с 2017 по 2022 гг. количество студентов, поступивших в сельскохозяйственные университеты, увеличилось более чем в два раза — с 25 000 до 54 000 человек.
- Увеличение доли женщин. Доля студенток выросла с 43,6 % до 45,2 %, что свидетельствует о продвижении к более инклюзивной системе образования.
- Повышение успеваемости. Доля студентов, завершивших обучение в установленный срок, выросла с 77,6 % в 2017 г. до 96,1 % в 2024 г.; среди студенток этот показатель достиг 96,2 %.
- Улучшение трудоустройства. Уровень трудоустройства выпускников вырос с 42 % в 2017 г. до 67 % в 2024 г., причём среди женщин этот показатель составил 71,1 %.
- Повышение качества поступающих. Проходной балл на поступление увеличился с 26 % в 2017 г. до 41,8 % в 2024 г., что говорит об общем повышении академического уровня абитуриентов.
- Рост научного потенциала. Компетентность преподавательского состава значительно возросла: количество внешних исследовательских грантов, полученных университетами, увеличилось с 28 в 2017–2018 гг. до 444 в 2023–2024 гг.
- Широкий охват. Проект охватил 826 761 прямого бенефициара — студентов и преподавателей, из которых почти половину (421 138 человек) составили женщины.

Как привлечь молодёжь в сельское хозяйство²⁴

Максимо Тореро

Аграрный сектор обречён на вымирание? Средний возраст фермеров в мире неуклонно повышается, и уже приближается к 60 годам в развитых странах. В результате эта отрасль, обеспечивающая примерно четверть рабочих мест в мире, попала в трудное положение: если не привлечь множество молодых работников, её ожидает резкий упадок.

Позитивно то, что 16% мирового населения, то есть 1,2 млрд человек, сейчас в возрасте от 15 до 24 лет. Многим из них трудно найти работу, особенно в развивающихся странах. Например, в Африке люди моложе 25 лет составляют около 60% населения, при этом безработной является примерно треть африканцев в возрасте от 15 до 35 лет.

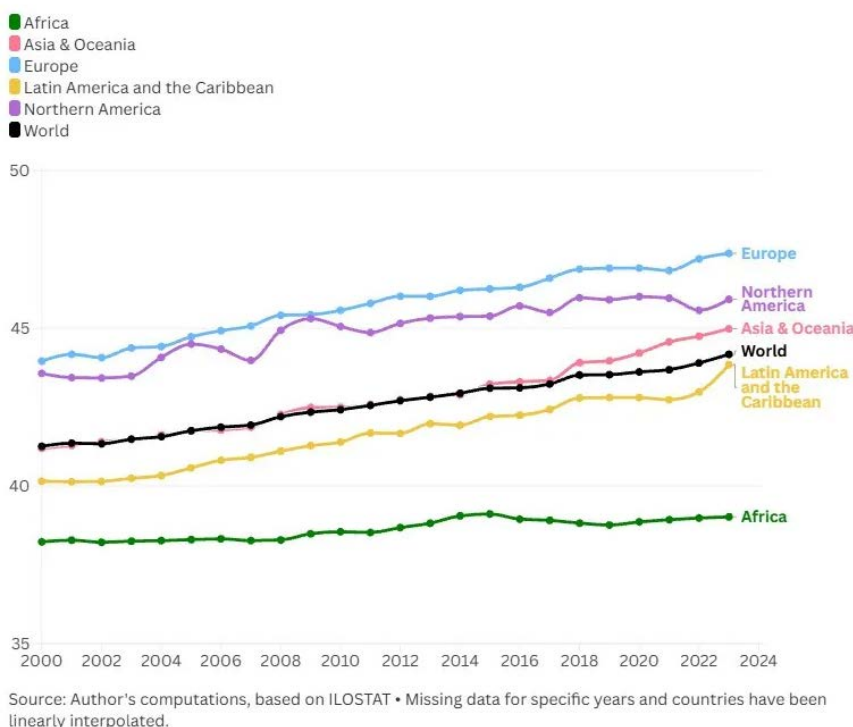
И всё же молодые люди в развивающихся странах продолжают бежать из сельской местности. Они стремятся найти лучше оплачиваемую работу с более высоким статусом — в городах или в других странах. Из-за этих миграционных тенденций уже несколько десятилетий продолжается глобальный спад численности молодёжи, которая работает в аграрном секторе и живёт в деревнях.

В Кении за минувшие десятилетия аграрная занятость молодёжи резко снизилась: с 58,9% в 1990 году до 28,5% в 2020 году. В Европе численность сельской молодёжи (в возрасте 15-24 лет) сократилась на 1,7 млн человек в период с 2013 по 2019 год: в 2025 году только 12% ферм на континенте управлялись людьми моложе 40 лет. В Юго-Восточной Азии в 2020 году сельская молодёжь составляла лишь около 7% от общей численности населения, снизившись с 16% в 1950 году. В Японии только 11% фермеров моложе 50 лет. А в Латинской Америке прогнозируется, что к 2030 году 1,2 млн молодых людей уйдут с работы на фермах.

²⁴ Источник: <https://forbes.kz/articles/kak-privlech-molodyozh-v-selskoe-hozyaystvo-f598cc> Опубликовано 20.09.2025

Median agricultural worker age around the world

2000 to 2025



Привлечение новых поколений к работе в сельском хозяйстве требует смены парадигмы в нашем восприятии этой отрасли. Её надо представить так, чтобы она стала не последним, а первым выбором для молодёжи — передовым рубежом экономического развития с привлекательными возможностями трудоустройства во всей производственной цепочке. Сельское хозяйство — это не только выращивание продовольственного сырья; оно создаёт рабочие места в пищевой промышленности, а также в транспортировке, розничной торговле и других смежных отраслях.

Помимо влияния на занятость, процветающий аграрный сектор способствует повышению общего благосостояния. В странах с низкими доходами рост в аграрном секторе снижает уровень бедности в 2-3 раза эффективнее, чем рост в других отраслях, при этом повышение аграрной производительности крайне важно для улучшения питания и укрепления продовольственной безопасности.

Тем не менее эта отрасль страдает от проблемы восприятия. Молодые люди склонны считать сельское хозяйство грязным, низкотехнологичным, низкооплачиваемым и не имеющим высокого статуса. Это противоположность «современной работе». Если власти всерьёз хотят привлечь молодёжь в сельское хозяйство, им надо говорить о его прибыльности, охвате и масштабах. А чтобы аргументы стали убедительными, потребуются меры, направленные на устранение обоснованных сомнений, которые

вливают на отношение молодёжи к сельскому хозяйству. Речь идёт о реформе систем землепользования, обязательном повышении зарплат, поддержке предпринимательства.

Слишком часто государственная политика сосредоточена на малодоходных видах аграрной деятельности, которые не предполагают финансовой стабильности и карьерного роста. Надо подталкивать молодёжь не к выращиванию урожаев или разведению животных, а к быстро растущей категории нефермерских рабочих мест, которые связаны с урбанизацией, техническим прогрессом, повышением спроса на продукты местного производства. Сюда относится переработка, упаковка, хранение и дистрибуция продовольствия (например, на городских фермерских рынках). Например, в Гане ведущий кооператив мелких производителей какао, Куара Коккоо, инвестирует в отечественные перерабатывающие мощности для повышения доходов производителей и работников.

В дельте Меконга (одном из важнейших аграрных районов Азии, который часто называют «рисовой чашей» Вьетнама) мало кто из молодёжи хочет работать на полях. Молодые люди видят своё будущее в сфере аграрных услуг, в распространении знаний, в исследованиях, а также в агробизнесе. Агротехнологические стартапы уже начали менять производственные цепочки во Вьетнаме, помогая мелким фермерам и кооперативам получить доступ к финансированию и экспортным рынкам.

Цифровые решения очень важны для обеспечения устойчивости (в том числе экологической) мелких производителей и для расширения отрасли. В Хорватии специальное ПО для коротких производственных цепочек помогает автоматизировать доставку, получение и бухгалтерский учёт, позволяя мелким фермерам сосредоточиться на выращивании аграрной продукции. В Колумбии недорогое приложение для смартфонов помогает производителям цитрусовых повысить качество урожая и получить доступ к рынкам, связывая их с агрономами и покупателями. В Африке, где на долю переработки и логистики уже приходится 40% цепочек «ферма — рынок», появилось много успешных платформ, которые связывают фермеров и с техникой, и с покупателями.

Продолжение этой экспансии создаст лучше оплачиваемую, квалифицированную занятость для молодёжи в сельских и городских районах. Это будет мощный сигнал: сельское хозяйство не ограничивается обработкой почвы. Но нужно, чтобы власти обеспечили молодое поколение ресурсами и навыками (цифровыми и иными) для модернизации сельского хозяйства и создания устойчивого, инновационного агробизнеса. Пора признать, что нужно привлекать молодёжь в сельское хозяйство и в продовольственные системы — чтобы создать достойные рабочие места и (в более фундаментальном смысле) накормить мир.

Почвенные исследования

Корни растений используют химический код для борьбы со стрессом и обмена ресурсами²⁵

Исследователи подчёркивают, что корни растений выполняют не только функцию поглощения воды и питательных веществ, но и выделяют химические сигналы — органические соединения, способные влиять на почвенную среду и помогать растениям выживать в сложных условиях.

Они объясняют, что на протяжении многих лет изучали этот скрытый обмен веществ между растениями и микроорганизмами, такими как бактерии и грибы, которые тесно взаимодействуют с растениями.

Ученые подчеркивают, что в обмен на сахара и другие молекулы, выделяемые растениями, микробы способны повышать устойчивость растений к засухе или дефициту питательных веществ. Этот непрерывный обмен веществ, который называют ризодепозицией, играет важную роль в росте и адаптации растений.

Учёные из Национальной лаборатории Ок-Ридж Министерства энергетики США (ORNL) недавно предложили новый взгляд на этот подземный мир. Они сосредоточили своё внимание на изучении специфических соединений, выделяемых растениями, полагая, что их работа может привести к изменениям в методах выращивания продовольственных и энергетических культур.

Корни растений выделяют множество разнообразных молекул

Команда учёных из ORNL разработала новую методику, используя метаболомику — науку, изучающую малые молекулы, — для картирования и классификации соединений, выделяемых корнями растений. В результате исследования был создан подробный каталог, отражающий разнообразие и количество этих соединений в почве.

Исследователи считают, что полученные данные могут стать важным ориентиром для выведения сельскохозяйственных культур, которые отличаются более высокой урожайностью, меньшими требованиями к ресурсам

²⁵ Источник: Rodielon Putol. Plant roots use a chemical code to fight stress and share resources / <https://www.earth.com/news/plant-roots-use-a-chemical-code-to-fight-stress-and-share-resources/> Опубликовано 14.08.2025

и повышенной устойчивостью к неблагоприятным воздействиям окружающей среды.

Кроме того, они отмечают, что результаты могут способствовать развитию более устойчивых биоэнергетических культур, а также укреплению внутренних цепочек поставок и энергетической безопасности.

Роль грибов в обеспечении корней питательными веществами

Учёные отмечают, что корни выполняют гораздо больше функций, чем просто удерживают растение на месте. Они выступают своего рода центром управления поглощением воды и питательных веществ. Маленькие корневые волоски увеличивают площадь контакта с почвой, что помогает растениям эффективнее впитывать необходимые вещества.

Кроме того, корни служат своеобразными датчиками, которые постоянно отслеживают изменения влажности, температуры и химического состава почвы. При изменении условий корни способны менять как свой рост, так и набор выделяемых молекул, чтобы адаптироваться к окружающей среде.

Учёные указывают, что некоторые корни формируют долгосрочные партнёрские отношения с грибами, обменивая выделяемые сахара на труднодоступные питательные вещества. Другие корни, по их данным, посылают быстрые химические сигналы, которые отпугивают вредоносные микробы или влияют на рост соседних растений.

Понимание таких подземных стратегий, как считают исследователи, открывает возможности для создания сельскохозяйственных культур, способных расти с меньшим количеством удобрений и воды. В этом контексте работа учёных из ORNL приобретает особое значение.

Два дерева, множество подсказок

В рамках своего эксперимента учёные выращивали два сорта тополей в контролируемых условиях. Части деревьев предоставляли дополнительные удобрения, а другим растениям их не добавляли. Образцы брали в течение длительного периода как из молодых, так и из зрелых корневых зон.

Вместо того чтобы сосредотачиваться только на известных или предполагаемых соединениях, команда применила «нецелевой» метабо-

ломный подход, что позволило им выявить максимально широкий спектр различных молекул.

Учёные применили масс-спектрометрию высокого разрешения для идентификации и количественного анализа молекул, создав химический «отпечаток» для каждого образца. Затем, используя передовые вычислительные методы, они сгруппировали и сравнили полученные результаты.

Кроме того, опираясь на геномные данные ORNL по тополию, исследователи обнаружили, насколько сильно генетика растения влияет на химические профили.

Почему нецелевой анализ важен

Соруководитель проекта Пол Абрахам из отдела биологических наук ORNL объяснил, что ранее метаболомика в основном ограничивалась целевым анализом, который подтверждал наличие определённых соединений или взаимодействий, предполагаемых в образце.

Однако при использовании нецелевого подхода, по его словам, удаётся охватить гораздо более широкий спектр химического разнообразия, обнаруживая неожиданные или ранее неизвестные соединения, которые могут играть ключевую роль в почвенных и растительных системах.

Абрахам подчеркнул, что успешная реализация проекта стала возможной благодаря сверхточным масс-спектрометрическим приборам ORNL и междисциплинарному сотрудничеству. Он отметил, что точность и чувствительность оборудования являются критически важными для успеха нецелевой метаболомики.

Кроме того, Абрахам отметил, что команда экспертов в области геномной науки, системной биологии растений и биоаналитической химии сыграла значительную роль в разработке и проведении исследования, а также в интерпретации его результатов.

Рост корней под наблюдением цифровых систем

В перспективе команда планирует применять искусственный интеллект для анализа и интерпретации огромного массива собранных данных. По словам Абрахама, химическое пространство, которое они измеряют, очень обширно, и большинство обнаруженных молекул не могут быть подтверждены с помощью существующих эталонных стандартов.

Он подчеркнул, что для того, чтобы справиться с этой сложностью, исследователи всё больше будут полагаться на машинное обучение и искусственный интеллект, которые помогут преобразовывать химические формулы в прогнозируемые структуры. Именно поэтому одной из ключевых целей команды является обеспечение возможности поиска, доступа и повторного использования их данных более широким научным сообществом.

Учёные также отмечают потенциал объединения этих данных с новой цифровой системой анализа подземных корней ORNL. Эта технология, реализованная в Лаборатории передового фенотипирования растений, позволит фиксировать на изображениях детали роста корней и их взаимодействия, что, по мнению исследователей, даст возможность глубже понять, как растения взаимодействуют с окружающей средой.

Как органические вещества удерживают влагу в почве — от Земли до Марса

Новое исследование показало, что органические вещества способствуют удержанию воды в почве даже в самых засушливых климатических условиях. Учёные выявили, что определённые растительные и микробные углеводы формируют микроскопические «мостики» между минералами почвы и органическими молекулами, что позволяет удерживать воду, которая в противном случае испарилась бы в воздух.

В исследовании объяснялось, что добавление компоста или растительного материала в почву улучшает её способность сохранять влагу и может помочь в создании почв, действующих как долгосрочные губки.

Старший автор исследования, учёный из Северо-Западного университета Людмила Аристильда, отметила, что правильное соотношение минералов и органических веществ в почве обеспечивает её здоровье и влажность.

Она отметила, что с этим явлением сталкивался каждый, однако до сих пор не было полного понимания физики и химии данного процесса. Разобравшись в этом, учёные смогут потенциально модифицировать почву с нужным химическим составом, превращая её в губки, способные сохранять влагу в течение длительного времени.

Как сахара взаимодействуют с минералами почвы

Исследователи сосредоточили внимание на смектите — распространённом глинистом минерале, который встречается в почве. Они провели эксперименты, смешав его с тремя углеводами: глюкозой, амилозой и амилопектином.

Аристильда пояснила, что они выбрали углеводы в качестве типа органического вещества, поскольку они встречаются повсеместно. Она добавила, что целлюлоза, являющаяся самым распространённым биополимером на Земле, состоит из глюкозы, а растения и микробы выделяют в почву различные углеводы. Кроме того, углеводы были выбраны из-за их простого химического состава, что помогло избежать усложнения результатов побочными реакциями.

Двойной захват воды глиной

С помощью молекулярного моделирования, квантовой механики и лабораторных экспериментов исследовательская группа изучала взаимодействие глины, воды и углеводов на наномасштабном уровне.

Они обнаружили, что вода образует водородные связи не только с другими молекулами воды, но и одновременно с глинистыми поверхностями и углеводами.

Такие двойные связи создают водные «мосты», которые прочно удерживаются внутри структуры почвы.

Аристильда пояснила, что, когда молекула воды удерживается одновременно водородной связью с углеводом и с поверхностью минерала, эта вода обладает высокой энергией связи и «застревает» между двумя объектами, с которыми взаимодействует.

Более прочные связи – более крепкая почва

Моделирование показало, что вода, расположенная между глиной и углеводами, обладает значительно более высокой энергией связи по сравнению с водой, находящейся только на поверхности глины.

Сложные полимеры сахаров увеличивали способность почвы связывать воду в пять раз по сравнению с чистой глиной. Таким образом, почва

с необходимым содержанием органических веществ удерживает влагу более эффективно, даже в условиях экстремальной засухи.

Аристильда пояснила, что они повысили температуру, чтобы измерить потерю воды как в присутствии, так и в отсутствии углеводов.

Аристильда пояснила, что по сравнению с глиной в чистом виде, для выхода воды из матрицы в присутствии глины и углеводов требовалась более высокая температура, что свидетельствует о более прочном удержании воды при наличии углеводов.

Кроме того, она отметила, что крупные разветвлённые молекулы углеводов препятствовали полному схлопыванию пор глины при высыхании. Обычно при потере воды нанопоры глины сжимаются, однако углеводы предотвращали полное разрушение структуры, что позволяло почве сохранять очаги удерживаемой влаги в течение длительного времени, в том числе и во время засухи.

От ферм до Марса

Результаты исследования могут изменить подход фермеров, садоводов и экологов к оценке здоровья почвы. Регулирование баланса минералов и органических веществ позволит создавать почвы, которые дольше сохраняют влагу, что снижает потребность в орошении и способствует выживанию сельскохозяйственных культур в засушливых регионах.

Кроме того, это имеет значение и для планетологии — аналогичный химический процесс может объяснять, как влага сохранялась в древних марсианских почвах и метеоритах на протяжении миллиардов лет.

Аристильда отметила, что хотя основной целью исследования было понять, как почва на Земле удерживает влагу, обнаруженные механизмы могут оказаться важными для понимания процессов за пределами нашей планеты. Она подчеркнула, что существует большой интерес к тому, как взаимосвязь между органическими веществами и водой может проявляться на других планетах, особенно на тех, где, по предположениям, когда-то могла существовать жизнь.

Раскрывая молекулярный «клей», который связывает воду с почвой, исследование открывает новые возможности для поддержания жизни в самых суровых условиях. По мнению учёных, эти знания могут быть применимы как на Земле, так и в других частях Солнечной системы.

Создан новый эффективный способ очистки сельскохозяйственных почв от тяжелых металлов²⁶

Загрязнение почв тяжелыми металлами остается серьезной угрозой: кадмий, свинец и прочие токсичные элементы могут накапливаться в сельскохозяйственных культурах и попадать в пищевую цепочку человека. Биоуголь давно используется для рекультивации почв, но его эффективность в удалении тяжелых металлов была не высокой. Исследователи из Китая значительно увеличили ее, модифицировав биоуголь фосфором, в результате чего получилась мощная почвенная добавка, которая не только связывает вредные металлы, но и улучшает качество почвы.

Исследование, проведенное группой ученых из Шэньянского сельскохозяйственного университета, показывает, что модифицированный фосфором биоуголь — богатый углеродом материал, получаемый из веток яблонь — может значительно снизить угрозу заражения почвы тяжелыми металлами вблизи горнодобывающих районов, пишет EurekAlert.

В ходе экспериментов в теплицах ученые добавляли новую формулу биоугля в сильно загрязненные почвы, где выращивалась кукуруза.

Результаты оказались поразительными: уровень токсичных тяжелых металлов, доступных для усвоения растениями, снизился более чем на 28%. Содержание кадмия и свинца в самих зернах кукурузы снизилось на 36% и 62% соответственно.

«Это указывает на реальный потенциал снижения рисков для здоровья потребителей и скота», — отметили исследователи.

Но этим дело не ограничивается. Биоуголь, модифицированный фосфором, изменил состав полезных почвенных бактерий и грибов, регулируя поступление в почву необходимых питательных веществ, таких как азот и фосфор. Эти изменения способствовали формированию более здоровых микробных сообществ, жизненно важных для долгосрочного плодородия и устойчивости почвы. Примечательно, что снижение токсичности металлов не было основным фактором, влияющим на изменение этих микробных сообществ, — ведущую роль сыграло улучшение баланса питательных веществ.

Результаты исследования демонстрируют перспективный и практичный подход к очистке сельскохозяйственных угодий, загрязненных тяжелыми металлами, и обеспечению продовольственной безопасности в по-

²⁶ Источник: <https://hightech.plus/2025/10/02/sozdan-novii-effektivnii-sposob-ochistki-selskohozyaistvennih-pochv-ot-tyazhelih-metallov> Опубликовано 2.10.2025

страдавших регионах. Для подтверждения эффективности необходимы полевые испытания технологии в реальных сельскохозяйственных условиях.

Солнечное земледелие усугубляет водный кризис в Пакистане²⁷

Резкий переход фермеров пакистанской провинции Пенджаб с электросети и дизеля на солнечные установки для орошения привёл к значительному увеличению интенсивности полива и расширению посевных площадей риса — одной из самых водозатратных культур.

После снижения цен на солнечные панели, импортируемые из Китая, около 650 000 скважин стали работать на солнечной энергии. Это позволило сократить потребление электроэнергии из сети на 45 %, но одновременно совпало с ускоренным падением уровня грунтовых вод. На 6,6 % территории Пенджаба глубина залегания воды опустилась ниже критических 18 метров, а зоны с глубиной более 24 метров увеличились вдвое за последние четыре года.

Теперь, когда фермеры могут поливать поля несколько раз в день без дополнительных затрат на топливо, площади под рисом выросли на 30 % с 2023 по 2025 год. При этом посевы более засухоустойчивых культур, таких как кукуруза, сокращаются.

Власти провинции признают проблему истощения водоносных слоёв и начали исследования для сохранения запасов воды. Однако министр энергетики Пакистана отрицает, что солнечные насосы усугубляют дефицит, утверждая, что общий объём водозабора остаётся неизменным.

Эксперты предупреждают: без строгого регулирования и мониторинга растущая зависимость от дешёвой солнечной энергии в сельском хозяйстве может привести к экологической катастрофе, усугубив и без того острый водный кризис в регионе.

²⁷ Источник: <https://www.gismeteo.ru/news/nature/solnechnoe-zemledelie-usugublyaet-vodnyj-krizis-v-pakistane/> Опубликовано 4.10.2025

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