

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

ОТ
ДОКТОРА РАСПОПОВА



Часть 3. Практикум для студентов
биофака университетов и дачников

Геннадий Распопов

**Энциклопедия регенеративного
земледелия от Доктора
Распопова Часть 3 (практикум
для студентов биофака
университетов и дачников**

«Автор»

2026

Распопов Г.

Энциклопедия регенеративного земледелия от Доктора Распопова
Часть 3 (практикум для студентов биофака университетов и
дачников / Г. Распопов — «Автор», 2026

Из новой книги вы познакомитесь с учёными-патриархами земледелия и узнаете, почему здоровье растений начинается с почвенного микробиома и со стимуляции фотосинтеза. Вы узнаете, как повысить качество урожая без химической обработки; зачем растениям нужны микоризные грибы, и микроэлементы; как превратить истощенную землю в живую, экосистему. Геннадий Распопов — врач, ученый, писатель и садовод, предлагает проверенные на практике приёмы, показывает, какие методы надо применять для здоровья растений и почвы. Книга раскрывает современные научные представления о том, как стимулировать естественный фотосинтез чтобы плоды превосходили магазинные и стали целебными. Эта книга — для тех, кто готов перейти от борьбы с природой к сотрудничеству с ней. Ведь здоровье человека начинается со здоровья почвы. Практические знания, собранные здесь, можно применять уже сегодня — чтобы земля снова стала живой, а урожай — по-настоящему полезным.

© Распопов Г., 2026

© Автор, 2026

Содержание

Предисловие.	6
Глава 1 Научный мир о регенеративном земледелии	8
Стив Танио «Почва как живой организм: строим регенерацию шаг за шагом»	9
Стив и Денис. «Внекорневая подкормка — ключ к раскрытию генетического потенциала растений»	12
Грант Симс. «Путь к живой почве: история одной фермы»	15
Грег Пеннироял. Как современная биология из вина делает лекарство	22
Доктор Адриенне Голдшалкс. Как почва становится живой: доверительный рассказ о регенеративном земледелии»	25
Рэй Арчулета «Почва — живая система»	29
«Японский дедушка» «От заброшенного поля — к живой почве»	32
Пиус Флорис «Почва — наш общий дом: разговор об истоках и будущем земледелия»	38
Роман Атаманс из Голландии о почве микоризе, корнях.	41
Николь Мастерс, социальный эколог. «Почва — наше общее сердце»	45
Грэм Сэйт. Живая почва — основа регенеративного земледелия»	48
Kyle Kaszynski У Элейн Ингхэйм «Грибы — невидимые архитекторы почвы: взгляд изнутри»	51
Конец ознакомительного фрагмента.	53

Геннадий Распопов

Энциклопедия регенеративного земледелия от Доктора Распопова

Часть 3 (практикум для студентов биофака университетов и дачников



Предисловие.

Дорогие друзья, единомышленники, те, кто слышит шёпот земли и отвечает ей заботой!

Помните тот особенный запах сырой земли весной? Тот самый, от которого будто просыпается всё внутри? Для меня это не просто аромат — это голос миллиардов крошечных тружеников, которые прямо сейчас творят настоящее чудо: лепят из песка и минералов живую почву. И именно об этом чуде, о том, как научиться его беречь и усиливать, я хочу с вами поговорить.

Я пишу эту книгу не ради красивых слов. За плечами — десять лет в мире органического земледелия, восемнадцать книг, сотни экспериментов, а ещё — ошибки, после которых хотелось всё бросить, и редкие мгновения, когда вдруг всё складывалось в единую картину. Совсем недавно ЛитРес выпустил мои новые электронные книги «Как оздоровить почву, чтобы оздоровить человека. Регенеративное земледелие по Геннадию Распопову» и «Энциклопедия регенеративного земледелия от Доктора Распопова. Часть 1 (практика)». И Часть (для студентов)

Но путь не заканчивается — он только углубляется. И сейчас передо мной и перед вами раскрывается следующая страница этого долгого разговора с землёй.

Когда-то и я смотрел на грядки сквозь призму срочных задач: чем подкормить, чем обработать, как быстрее получить урожай. А потом пришло понимание, которое перевернуло всё: если мы хотим выращивать не просто плоды, а пищу, которая лечит, почва должна быть живой. С этого и начался мой путь в регенеративном земледелии.

И я хочу, чтобы вы из новой книги поняли самое важное.

Что регенерация — это лестница из пяти ступеней. Первая — биологическая активность. Вторая — круговорот органических веществ. Третья — улучшение круговорота питательных веществ. Четвёртая — структура почвы. Пятая — качество воды. И все эти ступени держатся друг на друге: без первой не будет пятой, а без пятой система снова начнёт разрушаться. Это не абстракция — это точный, живой механизм, который можно наблюдать, чувствовать и направлять.

Принципы регенеративного земледелия для меня давно перестали быть набором агротехнических приёмов, став философией взаимодействия с живой почвой. В них сливаются экология, экономика и социальная ответственность, но главное — в них есть уважение к законам природы, без которых никакое земледелие не может быть по-настоящему устойчивым.

Стимуляция фотосинтеза — это не про магазинные стимуляторы. Это про то, чтобы дать растению всё, что ему нужно для полноценной работы: свет, воздух, воду, микроэлементы, симбиоз с почвенной жизнью. Когда фотосинтез идёт полноценно, БРИКС растёт естественным образом, и огурцы становятся не просто съедобными, а живыми: хрустящими, ароматными; тыквы — сладкими; томаты — сахарными.

Наши сады и фермы — это антропогенные системы: они могут быть разнообразными, живыми, полными насекомых и птиц, но они никогда не станут точными копиями местных экосистем. И это нормально. Главное, чтобы в них сохранялись принципы регенерации: восстановление структуры почвы, поддержание микробного сообщества, минимизация нарушений, создание условий для естественных циклов.

Почему это так важно? Потому что именно биология отвечает за превращение органического вещества в гумус, за высвобождение минералов, за защиту растений от патогенов. Бактерии и грибы не просто живут в почве — они создают её структуру, формируют агрегаты, обеспечивают доступ воздуха и воды к корням. Без них почва — это просто набор минералов и песка.

Я врач, кандидат медицинских наук, педиатр и инфекционист, и пятьдесят лет своей жизни я провёл между медициной и садом. Чем старше становлюсь, тем яснее вижу одну и ту же картину: здоровье человека и здоровье почвы — это две стороны одной монеты. Когда мы

улучшаем почву, мы не просто повышаем урожайность: мы меняем саму суть того, что растёт на ней. Продукты становятся богаче питательными веществами, а значит, способны благотворно влиять на микробиом человека — на ту невидимую, но жизненно важную экосистему внутри нас. Получается удивительная цепочка: здоровая почва → здоровые растения → здоровый человек. И эта тройная польза и есть главная цель регенеративного подхода.

Эта книга — не просто продолжение, а углубление пути. В ней я бережно собрал главные мысли, самые важные уроки и практические выводы из четырёх лет поисков, сомнений и открытий, которые сначала жили в виде 550 видео в моём YouTube-дневнике. Каждое из них было маленьким шагом, попыткой разобраться, проверить, понять. Теперь эти шаги стали опорой, которую я хочу передать вам.

В этой третьей части Энциклопедии я познакомлю вас с учеными -патриархами регенеративного земледелия, которые были учителями Джона Кэмпфа, а теперь станут и вашими советчиками. А во второй часть подробно расскажу о своем опыте, как знания ученых я воплотил в свою практику.

Я не верю в универсальные рецепты: каждая почва, каждое поле, каждый участок уникальны, и к ним нужно прислушиваться. И я искренне верю, что каждый садовод способен создать свой оазис процветания и гармонии — такой уголок, где всё живёт в согласии: растения, микроорганизмы, насекомые, почва и сам человек.

Моя цель — не признание и не слава. Моя цель в том, чтобы, прочитав эту книгу, вы почувствовали: путь уже начат, и вы не одиноки на нём. Пусть каждый урожай станет для вас праздником благодарности земле за её щедрость, а каждый сезон — ещё одним шагом к тому будущему, где человек и природа существуют в совершенном единстве.

С теплом и верой в ваш успех,

Геннадий Фёдорович Распопов

Глава 1 Научный мир о регенеративном земледелии

За пять лет я наговорил 550 видеолекций. Но именно те записи 2022–2023 годов, где я ещё мало знал, но много чувствовал, что такое регенеративное земледелие, стали для меня самыми ценными. В них сохранился этот азарт, это желание разобраться, дойти до сути. И сейчас, собирая из них книгу, я хочу передать не просто факты, а этот путь — от уверенности в готовых ответах к уважению перед сложностью живой почвы.

Поэтому все тексты рассчитаны на восприятие в аудиоформате: они построены как доверительный рассказ, где сложные научные идеи объясняются через личный опыт, примеры и логические связи.

Мы будем говорить о биологических и агрономических механизмах — о том, как работает почвенная биота, как формируется гумус, как взаимосвязаны корневые экссудаты и микробные сообщества. Термины останутся на своих местах, потому что без них нельзя. Но я хочу, чтобы за каждым термином вы видели не строчку в учебнике, а живую картину — ту самую, которую я постепенно научился замечать.

Давайте вместе попробуем услышать почву. И, может быть, в этом слышании найдём не ответы, а правильные вопросы.

Стив Танио «Почва как живой организм: строим регенерацию шаг за шагом»

«...Я — Стив, и сегодня я хочу рассказать вам не про удобрения и не про тракторы. Я хочу рассказать про то, что живёт у нас под ногами и на самом деле кормит мир. Про почву как живую, дышащую, невероятно сложную систему, в которой каждый микроб — как рабочий на невидимой фабрике. И если мы правильно выстроим эту фабрику, она сама даст нам здоровые растения, стабильные урожаи и устойчивые экосистемы.

Когда-то, лет тридцать назад, я встретил Брюса Тиния. Он говорил о почве так, будто это не просто смесь песка, глины и перегноя, а целая вселенная. Его главная мысль была простой, но революционной: «Если мы позаботимся о почве, растение позаботится о себе само». И это не поэзия — это биология. В ней есть место и строгой науке, и удивлению, и даже маленьким драмам между микробами и корнями.

Помню, как поначалу мне казалось странным сравнивать почвенную биологию с тем, что мы знаем о человеке. Но потом я увидел цифры, которые невозможно игнорировать. В нашем теле примерно 10 триллионов человеческих клеток, а микробных — около 100 триллионов. Получается, мы по числу клеток в основном микробы. И эти микробы в разных частях тела разные: во рту одни, на коже другие, в кишечнике третьи. Разница между мной и, скажем, Денисом, с которым мы сегодня вместе, проще всего читается именно по микробам на наших руках.

Это открытие сначала сделали для человека: десятилетия исследований, огромные бюджеты, фокус на здоровье людей. И только потом наука пришла к тому, что у растений тоже есть свой «вторичный геном» — их микробиом. И он не менее важен.

Мини-диалог 1

Слушатель: «Подождите, а как вообще растение может иметь свой микробиом? Это же не человек, у него нет кишечника».

Я: «Отличный вопрос. У растения нет кишечника, но у него есть корни, листья, стебли, цветы, плоды, семена — и на каждой из этих поверхностей и внутри них живут микробы. А вокруг корня есть особая зона — ризосфера. Это буквально „дом“ для миллионов микроорганизмов, и растение само его строит. Оно выделяет через корни специальные вещества — экссудаты. Это не просто „сахарная вода“, как многие думают. Это сложная смесь, которая работает как приглашение: „Эй, приходите сюда жить, мне нужна ваша помощь“. И микробы откликаются».

Так мы подошли к тому, что сейчас называют регенеративным сельским хозяйством. Доктор Хэтфилд, который десятилетиями изучал деградацию почв, называет это «спиралью деградации»: гербициды, глубокая обработка, монокультуры, избыток одних удобрений и дефицит других. Всё это разрушает структуру почвы, уплотняет её, провоцирует эрозию и, самое главное, убивает биологическое разнообразие. А без разнообразия система становится хрупкой.

Но самое интересное начинается, когда мы пытаемся эту спираль развернуть. Доктор Хэтфилд и другие исследователи показали: если добавить в почву правильное микробное сообщество, можно за три месяца увидеть первые изменения, а за девять — настоящий сдвиг. Это не магия, это биология, которая начинает работать, когда ей дают шанс.

Мы строим регенерацию как лестницу из пяти ступеней. Первая — биологическая активность. Вторая — круговорот органических веществ. Третья — улучшение круговорота питательных веществ. Четвёртая — структура почвы. Пятая — качество воды. И все эти ступени держатся друг на друге. Без первой не будет пятой, а без пятой система снова начнёт разрушаться.

Сегодня я хочу сосредоточиться на первой ступени — на биологической активности. На том, как микробы становятся нашими союзниками в поле.

Ризосфера — это зона, где происходит самое важное. Там микробы строят свои «дома», питаются экссудатами и обмениваются веществами с растением. Среди них есть ризобактерии, способствующие росту растений (PGPR). Чтобы быть по-настоящему полезными, они должны уметь несколько вещей: колонизировать корень, выживать на нём, конкурировать с другими микробами и, главное, приносить пользу растению. Это как отбор в элитный клуб: нужно соответствовать критериям.

И вот тут начинается настоящая драма. Растение не просто «кормит» микробов. Оно активно управляет ими. Например, если растению угрожает патоген, оно может резко увеличить выработку определённых соединений — например, яблочной кислоты. Яблочная кислота привлекает бактерии вроде *Bacillus subtilis*, которые помогают сдерживать угрозу. Я люблю называть это «сигналом Бэтмена»: растение подаёт сигнал бедствия, и нужные защитники приходят на помощь. Если сигнала нет или защитников нет, система остаётся без ответа.

Мини-диалог 2

Слушатель: «То есть растение специально привлекает бактерии, когда ему грозит опасность? Это звучит почти как осознанное поведение».

Я: «Это не осознанность в человеческом смысле, но это очень тонкая биологическая регуляция. Растение выделяет конкретные молекулы в конкретных количествах. Это инструмент. Например, кукуруза производит бензоксезиноиды — это своего рода природные антибиотики. Они защищают растение от патогенов, но при этом могут привлекать и поддерживать полезные сообщества. То есть это не просто защита, это управление средой вокруг себя».

Теперь давайте посмотрим на углерод и органическое вещество. Есть два типа «одеял», которые защищают и кормят почвенное сообщество: пассивное и активное. Пассивное — это мульча, растительные остатки, покровные культуры. Они дают пищу, сохраняют влагу, стабилизируют температуру и защищают от эрозии. Активное — это сами экссудаты, живые выделения корней. Они составляют до 25–75 % энергии, которую растение производит в процессе фотосинтеза. Молодые саженцы могут направлять вниз до 30–40 % всей своей энергии — не на рост листьев, а на запуск микробного углеродного насоса.

Долгое время считалось, что стабильный углерод в почве образуется в основном из разлагающихся растительных остатков. Но Брюс и другие исследователи показали, что огромную роль играет мёртвая микробная биомасса. Микробы (бактерии и грибы) живут, размножаются и умирают очень быстро, и их остатки становятся частью стабильного углеродного пула. Более того, некоторые микробы умеют «запасать» углерод в виде полигидроксиалканоатов — своего рода биопластика. Это как маленькие резервуары, которые помогают им выживать в условиях дефицита. Когда эти микробы умирают, углерод остаётся в почве.

Мини-диалог 3

Слушатель: «Получается, чем активнее жизнь в почве, тем больше углерода она может удерживать?»

Я: «Именно. Это парадоксально, но факт: динамичная, живая почва удерживает больше углерода, чем „спокойная“. Потому что микробный насос работает постоянно. И это критически важно в условиях изменения климата. Один процент органического вещества в почве может удерживать до 27 галлонов воды на акр. А это значит, что здоровая почва лучше справляется с засухами и меньше теряет питательные вещества с водой».

Давайте теперь посмотрим на круговорот питательных веществ. Здесь тоже всё завязано на микробах. Например, фосфор в почве часто оказывается «заперт» в соединениях с кальцием или железом — в зависимости от pH. В обычных условиях доступно лишь около 25 % фосфора.

Но фосфат солибилизирующие бактерии умеют высвобождать его с помощью ферментов и органических кислот. Они буквально «растворяют» нерастворимое.

Есть и более тонкие механизмы. Например, цикл ризофагии: микробы всасываются в корень, подвергаются атаке активными формами кислорода, частично перевариваются, а затем «выдавливаются» обратно в виде истощённых, но очень голодных клеток. Именно они становятся основным источником питательных веществ для корневых волосков. Доктор Уайт показал это на примере томатов: стерильные семена, лишённые микробов, развиваются плохо, а с правильными микробами — нормально. Без микробов растение фактически вредит себе, пытаясь запустить процессы, для которых нужны союзники.

Азот — ещё один ключевой элемент. Мы привыкли думать о фиксации азота только в клубеньках бобовых. Но есть свободноживущие азотфиксаторы, которые могут создавать вокруг себя нужную среду и фиксировать азот без клубеньков. Более того, совместные инокуляции разными видами могут повышать эффективность фиксации на 31 % по сравнению с одиночными штаммами. Это потому, что одни бактерии помогают другим: например, солилизаторы фосфатов обеспечивают энергию для энергозатратной фиксации азота.

Структура почвы — это не только про «рыхлость». Это про агрегаты, которые удерживают воду, воздух и питательные вещества. Микробы склеивают отдельные частицы почвы с помощью внеклеточных полисахаридов — это как природный клей. Затем грибные гифы сплетают микроагрегаты в более крупные структуры. Микоризные грибы выделяют гломалин — очень устойчивое вещество, которое может сохраняться в почве десятилетиями. Так формируется прочная, живая структура.

Вода — это финальная, но не менее важная часть. В мире всего около 1 % доступной пресной воды, и лишь 0,5 % из неё доступно растениям в почве. Поэтому каждый процент органического вещества — это не просто «гумус», это резервуар воды и питательных веществ. Это буфер против засух, эрозии и вымывания.

Один из самых впечатляющих примеров, который я видел, — проект в пустыне за пределами Дубая. Чистый песок, солёная вода, практически безжизненная среда. Но с помощью внесения гумуса, биоугля и правильных микробных инокулянтов удалось за год перейти от мёртвой почвы к реальной возможности выращивать растения. Это не чудо — это работа микробного сообщества, которое смогло построить свою среду и удержать ресурсы.

В конце концов, регенеративное земледелие — это не про отдельные продукты или «волшебные таблетки». Это про программу, про систему, про восстановление связей. Про то, чтобы вернуть почве её естественное разнообразие и дать ей шанс работать на нас. И здесь нет места упрощениям: чем глубже мы понимаем эти процессы, тем лучше можем ими управлять.

Я часто вспоминаю ту маленькую историю про «микробов-бойскаутов». Крошечные организмы с ресничками, которые бегают по почве, переносят споры грибов и помогают строить «мосты» через щели. Они делают это не ради нас, а ради себя. Но именно благодаря их работе почва становится живой. И наша задача — не мешать им, а помогать. Поддерживать разнообразие, избегать излишней химии, давать пищу в виде органики и наблюдать, как система начинает восстанавливаться.

Так что, если вы студент биофака и думаете, куда приложить свои знания, — посмотрите под ноги. Там происходит одна из самых сложных и красивых биологических драм на планете. И мы только начинаем её понимать.

Это и есть та самая лестница, о которой говорил доктор Хэтфилд. Мы начинаем с основания — с микробного сообщества. И когда оно начинает работать, появляются видимые результаты: лучшая структура почвы, больше воды, стабильные урожаи, устойчивость к стрессам. И самое главное — мы перестаём бороться с природой и начинаем с ней сотрудничать.

Стив и Денис. «Внекорневая подкормка — ключ к раскрытию генетического потенциала растений»

Я Денис, и сегодня я хочу поговорить с вами не как лектор с кафедры, а как практик, который столько раз наступал на одни и те же грабли, что уже может по звуку удара угадать, какой именно элемент у растения в дефиците. Мы со Стивом давно занимаемся вопросами питания растений, и каждый сезон приносит новые подтверждения одной простой истины: внекорневая подкормка — это не волшебная палочка, а точный инструмент. И как любой точный инструмент, она требует понимания того, как устроено растение, как оно питается и почему иногда даже самые дорогие препараты не дают эффекта.

Весна пришла, и вместе с ней наступает тот самый момент, когда мы начинаем думать о внесении изменений в почву, о подкормках, о том, как поддержать растения, чтобы они смогли раскрыть свой генетический потенциал. И тут возникает множество вопросов — особенно по внекорневому питанию. Многие любят его использовать, но не все уверены, насколько хорошо оно работает. Есть и те, кто вообще сомневается в его пользе. Сегодня я хочу помочь вам увидеть ту самую «лошадь» — тот момент озарения, когда всё встаёт на свои места и становится понятно, как и зачем применять внекорневые подкормки.

Почему анализа почвы недостаточно

Мы все знаем, что внекорневая подкормка — это внесение минералов на листья для повышения плодородия и здоровья растений. Этот метод существует уже сотни лет, и он не нов. Но новизна в том, как мы сегодня понимаем его механизмы и как интегрируем в общую стратегию регенеративного земледелия.

Часто приходится слышать утверждение, что до 80 % питания растения можно обеспечить через внекорневое внесение. Это звучит впечатляюще, и важно понимать: речь идёт не о замене почвенного питания, а о грамотной поддержке. Почва — это склад строительных материалов. Анализ почвы показывает, сколько у нас «кирпичей», «цемента» и «арматуры». Но он не показывает, как эти материалы используются растением в данный момент.

Для этого нужны другие методы: анализ сока растений, экстракта листьев, анализ тканей. Только так мы получаем реальную картину того, что происходит внутри растения. Например, мы можем видеть жёлтые листья — классический признак дефицита железа. Но не спешите сразу распылять железо. Деформация листа, рябь, гребни — всё это может указывать на дефицит кальция или других элементов. Если мы будем гадать и вносить только железо, мы рискуем создать избыток одного элемента и усугубить дефицит другого.

Представьте, что вы строите дом. У вас есть огромный склад материалов, но вы не знаете, хватает ли именно тех, что нужны прямо сейчас для возведения стен. Анализ почвы — это инвентаризация склада. Анализ тканей и сока — это проверка, какие материалы реально используются на стройплощадке. Только имея оба набора данных, вы можете грамотно планировать поставки.

Как устроено питание растения: от листьев до корней

Чтобы понять, как работает внекорневая подкормка, нужно заглянуть внутрь листа. Снаружи он покрыт восковой кутикулой — это гидрофобный барьер, который защищает растение от потери влаги и внешних воздействий. Под кутикулой находится эпидермис, затем мезофилл с хлоропластами, зоны воздушных пространств для газообмена, устьица, сосудистые пучки — ксилема и флоэма.

Ксилема транспортирует воду и минеральные вещества от корней вверх, а флоэма распределяет органические вещества (сахара, аминокислоты) в обоих направлениях. Именно через флоэму питательные вещества, поступившие через лист, могут перемещаться к точкам роста, плодам и корням.

Проникновение веществ через кутикулу — это процесс диффузии, который зависит от множества факторов: температуры, влажности, заряда ионов, структуры самого листа. Положительно заряженные катионы (кальций, магний) легче притягиваются к отрицательно заряженной поверхности листа. Анионы проникают хуже. Именно поэтому форма удобрения имеет решающее значение.

Роль хелатов и биосурфактантов

Кальций — один из самых важных, но и самых «капризных» элементов. Он малопопулярен в растении: как только оседает в одной ткани, его трудно переместить дальше. Чтобы решить эту проблему, используют хелатирующие агенты. Представьте, что ион кальция — это шарик, который трудно катить по неровной поверхности. Хелат — это рукавица, которая надевается на шарик, маскирует его заряд и делает перемещение возможным. Аминокислотные хелаты особенно эффективны: они не только защищают ион, но и сами являются питательными веществами для растения.

Ещё один важный фактор — смачивающие агенты и биосурфактанты. Они увеличивают площадь контакта раствора с листом, помогая питательным веществам проникать через микропоры кутикулы. Но здесь нужна осторожность: слишком агрессивные смачиватели (например, обычное мыло) могут повредить мембраны клеток и полезные микроорганизмы. Природа уже создала свои биосурфактанты — их производят почвенные и листовые микробы. Они помогают распределять воду и питательные вещества по поверхности листа, создают биоплёнки, удерживают влагу и защищают растение.

Критические стадии роста и сроки внесения

Оптимальное питание — это не просто наличие всех элементов, а их доступность в нужное время. На ранних стадиях роста растению особенно нужны азот, фосфор и кальций — они участвуют в делении и развитии клеток. В фазе налива плодов возрастает потребность в калии и части азота. Если внести калий слишком рано, он может заблокировать усвоение кальция — и тогда мы получим проблемы с качеством плодов и их хранением.

Скорость усвоения разных элементов тоже различается:

мочевина (азот) может усваиваться на 50 % уже в течение первых 30–120 минут;

калий — от 10 до 24 часов;

кальций — от 10 до 94 часов;

магний — от 10 до 24 часов.

Поэтому важно давать внекорневой подкормке время поработать — оптимально 3 дня. Первые 24 часа — самые критические, но поглощение продолжается и дальше, особенно при подходящей температуре и влажности.

Практические рекомендации и предостережения

Анализируйте, не гадайте. Используйте анализ почвы, тканей, сока растений. Собирайте историю данных по полю: это поможет предвидеть дефициты и планировать подкормки заранее.

Выбирайте правильное время. Опрыскивайте в прохладное и влажное время суток — лучше вечером, при слабом ветре. Так вы снизите испарение и повысите усвоение.

Учитывайте качество воды. Высокий уровень бикарбонатов может связывать питательные вещества. При необходимости буферизируйте воду или используйте другой источник.

Проверяйте совместимость. Перед смешиванием новых компонентов всегда проводите тест на совместимость в небольшой ёмкости.

Будьте осторожны со стрессовыми растениями. В состоянии стресса растения более чувствительны. Начинайте с лёгких доз, тестируйте на небольших участках.

Используйте рефрактометр. Этот прибор помогает оценить содержание растворимых сухих веществ в соке растения — своего рода «индекс счастья» растения. Рост показателя после подкормки говорит о том, что питание усвоено.

Не забывайте про микробиом. Полезные микробы помогают удерживать влагу, распределять питание и защищать растение. Поддерживайте их, избегайте агрессивных химикатов и используйте биологические препараты.

Связь внекорневого питания и здоровья почвы

Внекорневая подкормка не только помогает растению получить недостающие элементы, но и косвенно улучшает здоровье почвы. Когда растение получает оптимальное питание, оно выделяет больше углеводов и сахаров через корни. Эти выделения стимулируют микробную жизнь в ризосфере, улучшают доступность питательных веществ за счёт микробного пищеварения и циклов ризофагии. Таким образом, внекорневая подкормка работает в связке с почвенной биологией, усиливая общую устойчивость системы.

Это особенно важно в рамках регенеративного земледелия, где цель — не просто получить урожай, а восстановить и поддерживать здоровье всей экосистемы: почвы, растений, микроорганизмов. Покровные культуры, живые корни, органическое вещество и грамотное питание — всё это части одной системы.

Пример из практики

Представьте персиковый сад, где молодые деревья показывают признаки дефицита: скручивание листьев, пятна, повреждения от вредителей. Без анализа легко решить, что проблема в железе, и внести его. Но анализ тканей может показать дефицит кальция и марганца, а также стресс от засухи. Грамотная внекорневая подкормка с хелатированным кальцием и микроэлементами, проведённая в вечернее время, поможет не только улучшить внешний вид листьев, но и укрепить клеточные стенки, повысить устойчивость к вредителям и поддержать развитие корней.

А если добавить сюда биологические препараты и контроль качества воды, мы получим не просто «лечение симптомов», а системное решение, которое улучшит здоровье деревьев на годы вперёд.

Вот и всё, что я хотел сегодня рассказать. Помните: внекорневая подкормка — это не замена сбалансированной программы питания почвы, а её важная часть. Она должна быть основана на данных, учитывать физиологию растения и особенности конкретной культуры. И тогда она действительно станет тем самым инструментом, который поможет раскрыть генетический потенциал ваших растений и сделать шаг к по-настоящему регенеративному земледелию.

Если у вас остались вопросы — задавайте. Мы со Стивом всегда рады обсудить детали и помочь найти решение именно для вашего случая.

Грант Симс. «Путь к живой почве: история одной фермы»

«Знаете, когда я впервые всерьёз задумался о том, что мы делаем с землёй, всё казалось предельно простым: вспаши, внеси удобрения, посеи, собери урожай. Это была логика моего детства, впитанная с рассказами деда, с видом упряжек лошадей, с запахом свежеспаханной земли. Наша семья возделывает эти земли уже более 140 лет — я фермер в шестом поколении. И поначалу мне казалось, что наша задача — просто продолжать эту линию, бережно передавать традиции. Но традиции бывают разные: одни хранят суть, другие — лишь форму. И однажды я понял, что форма, которую мы так старательно сохраняли, начала убивать саму суть.

Я вернулся на ферму, когда дела вели отец, его брат и дедушка. Они были невероятно изобретательны: сами мастерили наконечники для плугов, экспериментировали с гипсом и известью, первыми привезли сюда фронтальные зачистные устройства из Англии. Я смотрел на них и думал: «Вот это и есть настоящее фермерство — смекалка, труд, умение выжимать максимум из того, что есть». Но чем глубже я погружался в повседневную работу, тем больше вопросов возникало. Почему в загонах почти не осталось червей? Почему после каждой обработки почва будто становилась «пустой»? Почему, несмотря на тонны удобрений, растения всё чаще болели, а урожаи держались на грани?

Переломный момент наступил, когда я начал сравнивать два подхода: тот, что был у нас, и тот, к которому приходили другие фермеры» ...

Грант шёл по стопам отца и дяди, но делал это иначе: он отказался от глубокой обработки почвы, заменил синтетические удобрения на биологические жидкие составы, внедрил многовидовые покровные культуры. И самое главное — он не боялся ошибаться. «Мы всё ещё совершаем ошибки и всё ещё учимся, — говорил он, — но мы никогда по-настоящему не боимся совершать ошибки, пока это маленькие ошибки, которые не причинят вреда. Так мы учимся, так мы растём». Эти слова запали мне в душу. Ведь страх ошибки — это то, что парализует прогресс. А в сельском хозяйстве, где каждый сезон — это новый эксперимент, без ошибок не бывает открытий.

«Мы начали с малого. В 2008 году отказались от синтетических удобрений и коммерческих подкормок для семян. Это был рискованный шаг: все вокруг твердили, что без «химии» урожай упадёт, почва истощится, а мы останемся ни с чем. Но я помнил слова деда: «Земля — она живая, она всё чувствует». И если мы постоянно «кормим» её искусственными веществами, она перестанет работать сама. Биология почвы становится «ленивой», как будто ей выдают пособие, и она больше не хочет трудиться. Нам нужно было вернуть ей желание работать.

Первым делом мы сосредоточились на структуре почвы и удержании влаги. В Северной Виктории, где расположена наша ферма, среднегодовое количество осадков — около 400 мм, причём большая часть выпадает зимой. Летом же мы можем прожить шесть месяцев — с сентября по март — почти без дождей, а иногда сталкиваемся с экстремальными температурами: до 40 °C в течение четырёх дней подряд. В таких условиях каждый миллиметр влаги на счету. Мы поняли, что наша главная задача — не просто вырастить урожай, а научиться улавливать и использовать каждую каплю дождя.

Для этого мы сделали ставку на нулевую обработку почвы и покровные культуры. Переход на дисковую сеялку для прямого посева стал поворотным моментом. Когда мы перестали переворачивать пласты земли, структура почвы начала восстанавливаться. Корни растений, черви, навозные жуки — все они стали работать как единая команда, создавая каналы для воды и воздуха. Мы даже провели простой, но наглядный эксперимент: взяли две ёмкости, наполнили их водой и поместили образцы почвы — один с участка с нулевой обработкой, другой — с обработанного. Через 30 минут разница была очевидна: в первом случае вода осталась

прозрачной, а почва сохранила структуру; во втором — почва рассыпалась, вода помутнела. Это наглядно показало, как обработка разрушает естественные агрегаты почвы, делая её уязвимой к эрозии и испарению.

Но структура — это только половина дела. Чтобы почва действительно ожила, ей нужны питательные вещества в доступной форме. И здесь на помощь пришли биологические удобрения. Сначала мы закупали жидкие составы из Южной Австралии — в них были все необходимые макро- и микроэлементы, рыбий жир, сок червей. Тесты тканей растений показали впечатляющие результаты: содержание цинка и меди пришло в норму, растения стали крепче, а урожайность — стабильнее. Но главное — мы увидели, как меняется сама биология почвы: активизировались почвенные грибы, увеличилось количество червей, улучшилась агрегация.

Затем мы пошли дальше и начали производить удобрения самостоятельно. Построили сарай, установили резервуары объёмом от 3 до 16 тысяч литров. В этих резервуарах мы готовим биоферментированные жидкие удобрения: добавляем содержимое рубца (первый желудок коровы), молоко, патоку, сахар и белок — всё это служит пищей для микроорганизмов. Смесь выдерживается под воздушными шлюзами 4–5 дней, чтобы исключить попадание патогенов, так мы размножаем микроорганизмы и распределяем их по другим резервуарам. В каждый резервуар можно добавить отдельные сульфаты (чтобы они прохелатировались в телах бактерий) — марганец, цинк, медь — создавая индивидуальные смеси под конкретные потребности культур. Такой подход не только экономит средства (затраты окупаются в первый же год), но и позволяет точно управлять питанием растений.

Особое внимание мы уделяем микоризным грибам — они становятся продолжением корней растений, помогая им добывать воду и питательные вещества даже в условиях экстремальной жары или засухи. Мы провели серию испытаний, сравнивая участки с микоризой и без неё. На фото, сделанных при температуре 40 °С, видно, как растения на участке с микоризными грибами сохраняют тургор и продолжают расти, в то время как на контрольном участке они испытывают сильный стресс. Тесты тканей показали, что содержание питательных веществ в листьях на участке с микоризой было выше среднего несмотря на то, что мы использовали вдвое меньше удобрений.

Ещё один важный элемент нашей системы — многовидовые посевы и компаньонные культуры. Мы больше не выращиваем рапс как монокультуру: он не поддерживает микоризу и истощает почву. Вместо этого мы сеём его вместе с бобовыми — например, с фасолью Фабер или полевым горохом. Бобовые фиксируют азот, а рапс защищает их от сорняков. В результате мы получаем не только более стабильный урожай (3 тонны с гектара против 2,2 тонн при монокультуре), но и снижаем давление вредителей и болезней. Кроме того, такие смеси улучшают структуру почвы: корни разных растений проникают на разную глубину, создавая сложную сеть каналов.

Не менее важную роль играют «падальщики» — растения вроде редиса или гречихи. Их глубокие корни разрыхляют почву, поднимают питательные вещества из нижних горизонтов и делают их доступными для последующих культур. Гречиха, например, особенно эффективна в высвобождении фосфора: её корневые экссудаты разрывают связи между кальцием и фосфором, делая этот жизненно важный элемент доступным для растений. Мы даже проводили эксперимент: разбросали семена гречихи по загону, и там, где она выросла, овёс и вика дали на полфута больше прироста. А когда пришёл мороз, гречиха быстро вымерзла, не требуя дополнительной обработки — природа сама удалила её.

Контроль за состоянием растений мы ведём с помощью измерителя Брикса — он показывает содержание сахаров и других растворимых веществ в соке растений. Высокий уровень Брикса — это признак здорового, устойчивого растения: оно лучше противостоит стрессам, болезням и вредителям. Перед любыми обработками (будь то внесение удобрений или применение гербицидов) мы замеряем Брикс, а через час после — повторяем замер. Если показатель

падает, значит, мы что-то делаем не так. Если растёт — мы на правильном пути. Иногда приходится использовать гербициды для борьбы с особо агрессивными сорняками, но сразу после этого мы восстанавливаем биологию почвы с помощью биологических препаратов и подкормок.

Интеграция животноводства стала ещё одним ключевым элементом нашей системы. Овцы и крупный рогатый скот не только дают продукцию, но и улучшают почву: их навоз — это источник органического вещества и микроорганизмов, а контролируемый выпас помогает равномерно распределять питательные вещества по полю. Мы тщательно планируем маршруты движения скота, ограничивая площадь уплотнения почвы до 11 % от общей площади загона. Это позволяет сохранить структуру почвы и улучшить проникновение воды. Кроме того, мы заметили, что животные, питающиеся кормами с высоким уровнем Брикса, быстрее набирают вес и реже болеют. Например, в этом году наши телята прибавляли по 1,7–2 кг в день, а коровы — по 1,5 кг, что значительно выше средних показателей.

Конечно, путь к регенеративному земледелию не был простым. Были и неудачи, и сомнения, и давление со стороны тех, кто считал наши методы «слишком радикальными». Но каждый раз, когда мы видели, как оживает почва, как растут здоровые растения, как увеличивается урожайность без увеличения затрат, сомнения рассеивались. Мы поняли, что регенеративное земледелие — это не набор отдельных приёмов, а целостная система, где всё взаимосвязано: структура почвы, её биология, питание растений, управление влагой, интеграция животноводства. И главное — это философия, основанная на уважении к земле и понимании её законов.

Сегодня, оглядываясь назад, я вижу, как далеко мы продвинулись. От отказа от синтетических удобрений до создания собственной системы производства биологических препаратов; от экспериментов с покровными культурами до интеграции животноводства и точного контроля за состоянием растений. Но самое важное — мы вернули почве её способность к самовосстановлению. Она снова дышит, в ней живут черви и грибы, она удерживает влагу и питает растения. И это не просто результат — это начало нового пути, который мы продолжаем исследовать каждый день.

И знаете, что самое приятное? Видеть, как этот путь вдохновляет других. Как молодые фермеры, студенты сельскохозяйственных колледжей, учёные начинают смотреть на землю не как на ресурс, который нужно «выжать», а как на живой организм, с которым нужно сотрудничать. Ведь именно в этом и заключается суть регенеративного земледелия: не брать, а отдавать; не разрушать, а восстанавливать; не эксплуатировать, а развивать. И если каждый из нас сделает хотя бы маленький шаг в этом направлении, мы сможем вернуть земле её силу — и вместе с ней вернуть силу себе.

Роберт Курик. Секреты корней.

О том, как природа забирает назад всё, что мы строим

Знаете, иногда самый сильный урок по регенеративному земледелию получаешь не из толстой научной монографии, а просто стоя и глядя на заброшенный теннисный корт. Я однажды стоял на аккуратно подстриженной лужайке поместья на Лонг-Айленде и смотрел через неё на этот корт — тот самый, что несколько сезонов простоял без ухода. И поражаюсь: каждая трещина в асфальте была заполнена травой и сорняками. Природа не спрашивала разрешения, не составляла план посадок и не заказывала удобрения. Она просто пришла и заняла своё.

И в этом есть очень жёсткий, но честный урок для любого, кто всерьёз думает о земле. Даже самый «экологически кошерный» сад, оставленный без присмотра, довольно быстро возвращается в лоно природы. Не в нашу идеальную картинку из каталога, а именно в её собственную, мощную, самодостаточную логику. И в этом устойчивом импульсе, в этом настойчивом прорастании сквозь бетон, похоронены семена обновления — те самые, что сильнее любого

нашего человеческого сада. Для регенеративного земледелия это не метафора, а принцип: природа всегда стремится к восстановлению. Наша задача — не воевать с этим, а научиться направлять.

«Когда я впервые прочитал размышления Роберта Курика об ошибочных мифах органического садоводства, у меня внутри что-то щёлкнуло. Потому что мы так часто путаем «органическое» с «гарантированно правильным». (Г.Р.)

А ведь органическое движение, каким бы важным и нужным оно ни было, тоже прошло через свои волны романтизации. И это нормально: мечтательные провидцы нужны, чтобы сдвинуть общество с места. Но без хорошей науки, без наблюдений, без повторяющихся полевых испытаний и, что особенно важно, без уравновешенного знания того, чего мы не знаем, — мы рискуем строить красивые, но хрупкие конструкции.

Возьмём простой пример, который, казалось бы, стал почти символом органического садоводства: божьи коровки. Тысячи людей покупают их, искренне веря, что это решит проблему с вредителями, в первую очередь с тлёй. И тут хочется мягко, но честно сказать: покупные божьи коровки — очень слабый, а зачастую и вовсе безрезультатный способ борьбы. Они не «заселяются» в ваш сад, не становятся его частью. Это разовый, плохо управляемый импульс. Гораздо более эффективным и предсказуемым хищником для тли является зелёная златоглазка. И если уж мы говорим о биологических методах, то давайте опираться на то, что реально работает в конкретных условиях, а не на то, что красиво смотрится на фото.

Ещё один миф, который прочно въелся в сознание, — универсальная мантра «разнообразие равняется стабильности». Да, разнообразие внутри экосистемы действительно создаёт сложные взаимодействия между растениями, животными и даже нами, людьми. Но разнообразие само по себе — не панацея. Случайно подобранное многообразие не обязательно даёт какие-либо преимущества. Более того, пытаться копировать тропическое разнообразие с его двадцатью тысячами видов в условиях умеренного климата — это, простите, по-детски. Мы не воссоздаём джунгли на шести сотках.

Но это не значит, что разнообразие не нужно. В большинстве наших садов и ферм есть масса возможностей для более продуманного, целенаправленного разнообразия — такого, которое действительно обогащает биологическую атмосферу, поддерживает динамику среды и ведёт к более само удобряющемуся, саморегулирующемуся саду. Только это разнообразие должно состоять из правильных растений. Слишком большое или неправильно подобранное разнообразие может привести к хаосу — к той самой «универсальной динамике», которая звучит красиво, но на практике лишь усложняет управление и снижает устойчивость.

Здесь важно не скатиться в крайности. Регенеративное земледелие — это не про возвращение к дикой природе любой ценой и не про тотальное копирование природных экосистем.

Наши сады и фермы — это всё-таки антропогенные системы. Они могут быть разнообразными, живыми, полными насекомых и птиц, но они никогда не станут точными копиями местных экосистем. И это нормально. Главное, чтобы в них сохранялись принципы регенерации: восстановление структуры почвы, поддержание микробного сообщества, минимизация нарушений, создание условий для естественных циклов.

Один из самых распространённых приёмов, который многие считают «новым словом» в садоводстве, — так называемое двойное копание. Эта идея за последние тридцать лет стала почти культовой. Её популяризировал Джон Джеворнс, вдохновляясь работами Алана Чедвика в Калифорнийском университете в Санта-Крузе. Высокие грядки, глубокая перекопка, интенсивная подготовка почвы — всё это подавалось как путь к невероятным урожаям и здоровой земле.

Но с точки зрения регенеративного подхода к земледелию здесь есть серьёзные вопросы. Глубокое нарушение почвенной структуры, многократное переворачивание пластов — это стресс для всей почвенной биоты. Мы разрушаем тончайшие капиллярные системы, разрываем

грибные сети, меняем условия для микроорганизмов. Да, в краткосрочной перспективе можно получить хороший урожай за счёт высвобождения питательных веществ. Но в долгосрочной — мы подрываем саму основу плодородия. Регенерация — это про восстановление, а не про интенсивное извлечение. И если мы хотим, чтобы почва жила, нам нужно учиться работать с ней бережнее.

К чему же я пришёл, оглядываясь на эти примеры и идеи? К нескольким простым, но очень важным выводам, которые стараюсь держать в голове каждый раз, когда беру в руки лопату или сажаю новое растение.

Во-первых, садоводы не так важны для природы, как нам иногда хочется думать. Природа в конечном счёте забирает назад все наши достижения — будь то идеально подстриженная лужайка или тщательно возделанная грядка. Это не упрёк, а напоминание о масштабе. Мы — часть огромной, грандиозной схемы вещей, и наша роль — не перекраивать её под себя, а встраиваться в неё.

Во-вторых, умеренность — это ключ к сбалансированной экосистеме. Не больше удобрений, не больше перекопок, не больше «разнообразия ради разнообразия». Умеренность в наших вмешательствах позволяет почве и растениям проявлять свою собственную динамику, свою способность к самовосстановлению.

И, наконец, мы должны оставаться скромными. Скромными перед почвой, перед микробами, перед дождевыми червями и перед самой природой. Скромность здесь — это не слабость, а признание того, что мы ещё многого не знаем, и готовность учиться у земли каждый день.

Именно в этой скромности, в этом внимательном, бережном отношении к тому, что уже есть, и рождается настоящее регенеративное земледелие. Не как набор модных приёмов, а как философия и практика восстановления.

Роберт Курик

. «Подземный мир корней: как устроен невидимый фундамент сада»

Знаете, когда я впервые всерьёз задумался о том, что происходит под землёй, это было почти как открыть дверь в другую вселенную. Мы привыкли смотреть вверх: на крону, на листья, на плоды. А там, внизу, идёт своя, не менее драматичная жизнь — и именно она решает, будет ли дерево сильным, а грядка — урожайной. Сегодня я хочу провести вас по этому подземному миру и показать, как устроены корни, почему они растут именно так, и как эти знания помогают строить настоящие регенеративные системы — не на красивых словах, а на реальной биологии почвы.

Начну с простого примера, который всегда производит впечатление. Представьте единственную фасоль. Вы сажаете её в грядку, она даёт росток, и вы думаете: ну, корень где-то там, под этим стебельком. А на самом деле корневая система этой фасоли в верхних шести дюймах почвы (то есть примерно в 15 см) может разрастаться более чем на 4 фута — почти на 1,2 метра — во все стороны. Один маленький росток исследует объём почвы, который в десятки раз больше того, что мы видим над землёй. И это не исключение: так устроено большинство растений. Их «невидимая крона» часто намного шире и сложнее той, что мы любимся сверху.

Почему это важно для регенеративного земледелия? Потому что регенерация — это не только про то, чтобы не копать и не лить химию. Это про то, чтобы дать корням пространство и условия для работы. Когда мы понимаем, как они растут, мы перестаём совершать ошибки, которые кажутся безобидными, а на деле подрывают здоровье растений.

Давайте заглянем в лес. Там всё устроено как идеальная лаборатория. Сверху — лесная подстилка: слегка разложившиеся листья, хвоя, остатки трав. Под ней — верхние 2–4 дюйма (5–10 см) почвы, которые буквально кишат жизнью. Именно в этом тонком аэробном слое сосредоточено огромное количество бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей — тех самых организмов, которые делают питательные вещества доступными для растений. Если мы

посмотрим на пробы: в верхних трёх дюймах количество сине-зелёных водорослей может быть в пять раз выше, чем на глубине 8 дюймов, а на глубине 26 дюймов их почти не остаётся. То же самое с актиномицетами: переход с 3 до 8 дюймов даёт падение численности примерно в 10 раз. Это не просто цифры — это прямое указание на то, где именно корням выгоднее всего расти.

И вот здесь возникает первый миф, который стоит развеять: корни не останавливаются на линии капельной тени (той окружности, куда падают капли с края листвы). Наоборот, они уходят далеко за её пределы. В тяжёлой почве корни могут быть вдвое шире кроны, в суглинистой — втрое, а в очень плотной глине, где вглубь не пробиться, корневая система может быть в пять раз шире навеса. Дерево буквально «расползается» вширь, чтобы набрать нужный объём почвы. Это особенно важно учитывать, когда рядом начинается стройка: оранжевые заборы, которые ставят вокруг ствола, защищают только ствол, а самые ценные питающие корни остаются снаружи, прямо под колёсами тяжёлой техники.

Ещё один стойкий миф — что у всех деревьев есть стержневой корень. На самом деле только около 2% деревьев имеют выраженный стержневой корень, и это в основном дубы, сосны и ореховые. Даже у дуба, у которого стержневой корень может уходить на глубину более 8 футов (около 2,4 м), большая часть корневой массы находится в верхних слоях. На отметке 40 см уже видно, что огромная доля корней расходится в стороны. Чем ближе к поверхности — тем больше корней. Это связано с тем, что именно в аэробных слоях живут почвенные организмы, которые высвобождают питательные вещества. Корни стремятся туда, где эта жизнь кипит, а не туда, где почва плотная и бедная кислородом.

Теперь давайте посмотрим, как тип почвы и подвой меняют картину. На песчаной почве корни яблони будут уходить далеко за пределы кроны — им легко расти в рыхлом субстрате. В суглинистой почве картина уже другая: корни ведут себя скромнее. А если ещё и подвой карликовый (например, М4), он дополнительно ограничивает распространение корней. Получается, что форма подземной кроны — это всегда компромисс между генетикой растения и условиями среды. И если мы хотим управлять этим процессом, нужно учитывать оба фактора.

Один из самых болезненных вопросов — как мы обращаемся с почвой при посадке. Многие думают, что нужно выкопать большую яму, наполнить её компостом, посадить дерево и замульчировать «пончиком» вокруг ствола. Но это как раз те действия, которые мешают корням стать сильными. Когда посадочная яма заполнена рыхлым, богатым компостом, корни охотно живут в нём, но не спешат выходить наружу. А когда питательные вещества заканчиваются, им приходится пробиваться в плотную, незнакомую почву — и это стресс, который снижает приживаемость. Кроме того, глубокая перекопка переворачивает почвенные слои: аэробные бактерии оказываются внизу без кислорода и погибают, анаэробные — наверху, где их убивает избыток воздуха. Почвенная жизнь, которую мы так ценим в регенеративном земледелии, при этом серьёзно страдает.

Мой подход — сажать на холмик и не делать «особых» посадочных ям. Я формирую небольшой холм высотой 15–45 см из родной почвы, слегка разрыхляя её лопатой, но не переворачивая. Затем ставлю саженец так, чтобы корневая шейка была на уровне или чуть выше поверхности. И обязательно мульчирую, но держу мульчу подальше от ствола: слой мульчи не должен касаться коры. Это предотвращает гниль и стимулирует корни расти вширь, а не кружить в зоне посадки. Такой метод особенно хорош на глинистых почвах: холм улучшает дренаж, а корни быстрее осваивают окружающий объём почвы.

Мульча — ещё один инструмент, который нужно использовать с умом. Оптимальная толщина — от 2 до 4 дюймов (5–10 см). Более толстый слой не даёт пропорционального прироста пользы, а иногда даже мешает. Важно, чтобы мульча была разнородной по размеру частиц: от пыли до кусочков в четверть дюйма. Такая смесь разлагается быстрее и постепенно превращается в почву, поддерживая жизнь микроорганизмов. И ещё один нюанс: мульчу лучше распре-

делять не у ствола, а по всей зоне капельной линии и дальше — туда, где реально находятся питающие корни.

А теперь про орошение. Здесь тоже есть свои ловушки. Если вы поливаете только рядом со стволом, вы поощряете корни оставаться в узкой зоне, а это делает дерево уязвимым. Гораздо эффективнее использовать капельное орошение с излучателями, расставленными по линии капельной тени и дальше. В суглинистой почве излучатели через каждые 12 дюймов создают под землёй сплошную влажную зону глубиной 10–15 см — именно там и живёт большинство питающих корней. Исследования показывают, что такой подход может сократить расход воды на 30–60%, а урожайность — повысить. Есть даже пример из Индии: одна женщина, выращивавшая перец чили, сэкономила 38% воды и при этом увеличила урожай на 48%. Это не магия, а следствие того, что корни получают воду именно там, где они работают.

Что делать, если почва очень бедная или это строительная площадка, где почвенная жизнь почти уничтожена? Здесь важно не пытаться сразу «накачать» почву инокулянтами с микоризой. В большинстве случаев в самой почве уже есть местные грибы, и они лучше адаптированы к условиям. Когда вы сажаете растение, эти местные микоризы сами колонизируют корневую систему. Покупные инокулянты могут даже мешать: они создают «конкуренцию» с уже существующими сообществами, и результат непредсказуем. Если уж и использовать инокулянт, выбирайте тот, который содержит широкий спектр видов (10–14 разных штаммов), а не один-два. Но в большинстве ситуаций достаточно просто не тревожить почву, дать ей восстановиться и поддерживать мульчей.

В условиях, где идут дожди, часто достаточно просто вносить компост на поверхность и позволять влаге просачиваться вниз. Это поддерживает почвенную жизнь и даёт растениям питательные вещества без лишних усилий.

И напоследок — про деревья на склонах и в ветреных местах. На склоне корни часто растут неравномерно: у пихты Дугласа, например, вниз по склону корней больше, чем вверх. Это естественная адаптация, которая помогает дереву держаться. В местах с сильными ветрами можно дополнительно помочь молодым деревьям: сажать их среди кустарников, чтобы они были защищены от раскачивания, и поощрять широкую корневую систему, поливая не у ствола, а дальше от него. Дерево, которое может немного гнуться под ветром, формирует более прочный ствол и лучше противостоит бурям.

Когда мы смотрим на растение, мы видим только верхушку айсберга. А под землёй — целая сеть, которая исследует почву, взаимодействует с микроорганизмами и добывает ресурсы. Понимание этой подземной архитектуры — ключ к по-настоящему устойчивому и регенеративному земледелию. Мы не должны пытаться «обмануть» корни или насильно загнать их туда, где нам кажется правильным. Нам нужно создать условия, в которых они смогут раскрыть свой потенциал: сохранить аэробные слои, не уплотнять почву, мульчировать правильно, поливать там, где корни реально работают, и уважать местные почвенные сообщества.

В этом и есть суть регенеративного подхода: не переделывать природу, а помогать ей работать. И первый шаг к этому — научиться видеть невидимое: заглянуть под землю и понять, как устроена жизнь корней. Надеюсь, этот рассказ помог вам увидеть сад немного иначе — не только как мир листьев и плодов, но и как сложную, живую подземную экосистему, которую мы можем поддерживать и развивать.

Грег Пеннироял. Как современная биология из вина делает лекарство

Сегодня познакомлю с Грегом Пеннироял, врачом увлекшимся виноградарством, и органическим научным земледелием, который использует генетические исследования, чтобы узнать, как вино, выращенное на здоровых почвах, влияет на здоровье человека.

«...Привет, друзья. Если вы сейчас держите в руках эту главу — или, что вероятнее, слушаете её в дороге, между парами или по дороге на практику, — я рад, что мы оказались на одной волне. Я хочу рассказать вам не про «идеальную ферму из книжки», а про свой путь: как человек, который начинал с мечты лечить людей, в итоге пришёл к выводу, что самое сильное лекарство рождается в почве. И да, я буду говорить о регенеративном земледелии, но без лозунгов и без упрощений: мы с вами студенты науки, и нам важно видеть механизм, а не только картинку.

Я начинал в медицине. Не из романтики, а из тревоги: я видел, как стремительно растёт число дегенеративных заболеваний, как здоровье общества будто бы сползает вниз по наклонной. У меня была хорошая подготовка, я искренне верил, что смогу что-то изменить. Но чем глубже я погружался, тем яснее становилось: медицина всё чаще работает с последствиями, а не с причиной. И тогда я задал себе неудобный вопрос: где находится главный рычаг, способный повлиять на здоровье миллионов? Ответ оказался неожиданным: в сельском хозяйстве.

Да, звучит почти как каламбур: «вернулся к своим корням». Но это чистая правда. Я вырос на семейной ферме в северной части штата Нью-Йорк, и, возможно, именно там, среди полей и разговоров о погоде и урожаях, у меня сформировалось особое чувство земли — не как ресурса, а как живой системы. Позже я работал менеджером на Trout Lake — крупнейшей ферме по выращиванию органических трав в Вашингтоне. Там я впервые по-настоящему увидел, как много может дать биологическое мышление: не просто «не использовать химию», а строить систему, где растения, почва и микроорганизмы работают вместе.

Потом был переход в науку: я руководил ботаническими исследованиями в компании Line Health, участвовал в разработке стандартов для фармакопеи США, изучал, как лекарственные растения действуют на человека. Мы даже занимались геномным профилированием: вводили экстракты в лейкоциты и смотрели, как меняется экспрессия генов. Это был строгий, лабораторный подход, и он дал мне важный инструмент — умение видеть причинно-следственные связи. Но самое интересное происходило не в пробирках, а в поле.

Когда я брал образцы трав с разных ферм — органических, биодинамических, «гарантированно биологических» — я замечал одну закономерность: на фермах с более здоровой почвой растения не просто содержали больше активных веществ — менялось их соотношение, их профиль. Гены буквально «говорили» мне: здесь система работает иначе. И это было не интуицией, а данными: количественные и качественные изменения были статистически значимы. Именно тогда я понял: если мы хотим влиять на здоровье человека, нужно начинать с здоровья почвы.

Что же не так с традиционным подходом? В промышленном сельском хозяйстве почва часто воспринимается как инертная среда для доставки растворимых питательных веществ. Удобрения вносятся по таблицам, а не по потребностям живой системы. Такой подход разрушает почвенную пищевую сеть, снижает содержание углерода, разлагает органическое вещество. В результате мы получаем продукты с дефицитом питательных веществ, а значит, косвенно способствуем ухудшению здоровья людей и деградации экосистем. Более того, эта модель экономически несправедлива: основная прибыль уходит производителям удобрений и дистрибьюторам, а фермеры остаются с растущими затратами и нестабильными урожаями.

Регенеративное земледелие предлагает другой путь. Его цель — не максимизировать краткосрочный урожай любой ценой, а последовательно улучшать здоровье почвы. Это значит поддерживать почвенную продовольственную сеть, связывать углерод, восстанавливать биоразнообразие. И это не только экологично — это экономически выгодно в долгосрочной перспективе.

Чистая стоимость фермы растёт, потому что улучшается структура почвы, её влагоудерживающая способность, микробиом. А значит, растения становятся устойчивее к стрессам, а урожай — стабильнее.

Один из ключевых моментов, который я осознал на практике: здоровые растения создают здоровую почву, а не наоборот. Растение — это дирижёр симфонии: через корневые выделения оно кормит микробов, стимулирует образование агрегатов, помогает связывать углерод. Мы используем лишь 15–20 % генетического фотосинтетического потенциала растений. Остальные 80 % — это упущенная прибыль, упущенные возможности. Если бы я смог удвоить способность своих виноградников к фотосинтезу, моя экономика изменилась бы в разы: я стал бы более конкурентоспособным производителем высококачественной продукции.

На своей винодельне Wilson Creek я начал применять эти принципы на практике. Мы перешли от реактивного управления («тушим пожары») к проактивному: стали анализировать критические точки влияния — те фазы роста, когда небольшие изменения дают максимальный эффект. Мы начали вести детальные записи: не только урожайность и качество, но и температуру почвы, окислительно-восстановительный потенциал, динамику питательных веществ. Оказалось, что традиционные методы, такие как анализ черешков, часто не дают полезной информации: корреляции с реальным состоянием растений практически нет. Зато анализ сока листьев (SAP-анализ) стал для нас настоящим прорывом: он позволяет видеть изменения в реальном времени и корректировать питание до того, как появятся видимые симптомы.

Приведу пример из прошлого сезона. В начале вегетации показатели фотосинтетической активности были низкими, уровень сахара — неудовлетворительным. Мы проанализировали ситуацию и скорректировали питание и полив. Особенно сложно было с кальцием: его уровень оставался низким, а затем неожиданно вырос к концу сезона. Только отступив назад и посмотрев на картину целиком, мы поняли: это связано с изменением режима полива и температуры почвы. Мы перешли с полива два раза в неделю на полив через ночь, начали следить за температурой почвы — и это дало эффект не только на кальций, но и на другие элементы, включая железо и марганец.

Результаты не заставили себя ждать. Мы добились увеличения урожайности в среднем на 22–30 %, при этом значительно стабилизировав её от года к году. Для финансового директора это стало главным аргументом: меньше вариативность — меньше рисков. Мы сократили использование фунгицидов на 50 %, и моя цель — дойти до нуля. На термочувствительном Каберне, который в долине в среднем давал 65 % от нормы из-за жары, мы получили 110 %. Другие фермеры сначала скептически относились к нашим методам, но, когда увидели результаты — перестали шутить про «эколога» и начали задавать вопросы.

Важно понимать: регенеративное земледелие — это не набор волшебных приёмов, а системный подход. Он требует терпения, готовности к экспериментам и умения учиться на ошибках. Мой совет тем, кто только начинает: начинайте с малого. Выделите небольшой участок, поставьте чёткие цели, ведите подробные записи. Анализируйте возврат инвестиций не только в деньгах, но и во времени. Правило 80/20 здесь работает отлично: 20 % ваших наблюдений и измерений дадут 80 % понимания того, что действительно влияет на результат. Остальное можно отложить или упростить.

Ещё один важный аспект — работа в команде. Я регулярно встречаюсь с агрономами, почвоведом, коллегами по отрасли. Эти обсуждения помогают увидеть то, что не видно в одиночку. Например, идея с переходом на ночной полив пришла именно в ходе такой встречи,

когда мы обсуждали влияние температуры почвы на усвоение элементов. Когда за вами стоит команда, рисковать становится легче — потому что вы не одни.

С экономической точки зрения регенеративное земледелие тоже имеет смысл. Да, на старте могут быть дополнительные затраты, но они окупаются за счёт снижения расходов на средства защиты, повышения качества продукции и стабилизации урожаев. Кроме того, растёт ценность экосистемных услуг: чистая вода, чистый воздух, связывание углерода. В будущем эти факторы могут стать прямым источником дохода — например, через программы торговли углеродом. Но даже без этого модель работает: мы просто перестаём оплачивать «скрытые счета» за ухудшение качества воды, эрозию почв и рост затрат на здравоохранение.

И наконец, есть ещё один, не менее важный результат: улучшение качества жизни. Когда вы не тратите всё время на «тушение пожаров», у вас появляется возможность заниматься тем, что действительно важно: учиться, экспериментировать, общаться с командой и клиентами. Я, например, теперь редко работаю по выходным — а раньше это было нормой. У меня появилось время на самообразование, на обсуждение идей с молодыми специалистами, на то, чтобы просто наблюдать за виноградником и видеть, как он меняется.

Для меня регенеративное земледелие — это не просто метод ведения хозяйства. Это мировоззрение, в котором нет разделения между нами и окружающей средой. То, что мы делаем с почвой, мы делаем с собой. Улучшая здоровье экосистемы, мы улучшаем здоровье общества и своё собственное. И это, пожалуй, самое важное, что я хотел бы донести до вас, будущих биологов и агрономов: наука и практика здесь идут рука об руку. Нам не нужно выбирать между экономикой и экологией — мы можем строить системы, где одно усиливает другое.

Так что, если вы думаете о том, с чего начать свой путь в регенеративном земледелии, — начните с вопроса: «Что я могу сделать сегодня на небольшом участке, чтобы завтра понять систему чуть лучше?» Запишите гипотезу, проведите эксперимент, зафиксируйте результат. И помните: даже самые большие перемены начинаются с маленьких, но осознанных шагов.

Спасибо, что выслушали. Надеюсь, мой опыт будет вам полезен — и не только для зачёта, но и для жизни.

Доктор Адриенне Голдшалкс. Как почва становится живой: доверительный рассказ о регенеративном земледелии»

«...Я помню тот день, когда впервые по-настоящему поняла: почва — это не просто земля под ногами. Это целая вселенная, где каждую секунду разыгрываются драмы, происходят открытия и творится будущее нашей еды. И я хочу рассказать эту историю так, будто мы сидим с вами в уютной лаборатории, где пахнет землёй и кофе, а на столе — микроскоп, пробирки и стопка распечатанных статей. Для вас, студентов биофака, эта история — не про «просто про грядки». Это про биологию, химию, экологию и про то, как всё это сплетается в одну мощную систему.

Когда я только начинала, мне казалось, что настоящая наука — это белые халаты, стерильные условия и строгие формулы. А тут — грязь, компост, какие-то «живые добавки» ... Я даже подумала, что это розыгрыш. Но потом я попала в веб-школу, где нас учили смотреть на почву не как на субстрат, а как на сообщество. Нас учили пользоваться микроскопом, количественно измерять микробиологию почвы, выходить в поле и буквально «читать» биологию земли. И знаете, что оказалось самым удивительным? То, что студенты, вооружённые этими методами, могли не просто наблюдать — они могли менять почву. Делать её живой.

Мы учились готовить компост не как кучу отходов, а как инкубатор для организмов, которые помогают растениям процветать. А потом научились извлекать эти организмы в виде жидких добавок — своего рода «эликсиров жизни», которые помогают микробам проникать глубже в почву. Когда я впервые увидела, как эти крошечные существа меняют структуру земли, мне стало не по себе от масштаба происходящего. Это было похоже на то, будто я нашла ключ к чему-то огромному — и при этом совершенно недооценённому.

Тогда я и не подозревала, что всё это — часть большой научной традиции. Огромную роль в этом сыграла доктор Элейн Ингхэм. В 1980-х она пришла в свой отдел биологии почвы и спросила: «А что делают грибы в почве?» И услышала в ответ: «Да они просто есть». Сегодня мы знаем, насколько это неправда. Именно её эмпирические исследования легли в основу того, что мы сейчас называем методом почвенной пищевой сети. Это не просто теория — это рабочий инструмент, который позволяет нам управлять здоровьем почвы через понимание её обитателей.

Однажды на встрече я спросила коллег: «Какие доказательства убеждают вас, что этот метод работает?» Один из них рассказал, как ему удалось уничтожить клещей на каннабисе. Другой — как избавился от вредителей на апельсинах. Но самым ярким примером стал сладкий перец. Используя методы почвенной пищевой сети, команда смогла продлить срок его хранения с пары недель до четырёх месяцев. И это были не просто «долго хранящиеся» перцы — они стали слаще, острее, богаче фитохимией. То есть не только дольше лежали, но и были вкуснее и полезнее. Это и есть магия науки: не волшебство, а понимание процессов, которые делают мир лучше.

Ещё один пример — помидоры компании Zettu в Южной Африке. У них были серьёзные проблемы с вредителями и болезнями, и поля приходилось оставлять под паром на 14 лет между посадками томатов. Это означало, что им нужно было постоянно расширять площади. Но, применив метод почвенной пищевой сети, они смогли выращивать помидоры год за годом на одних и тех же участках — без севооборота, без всплесков вредителей. Сегодня в ресторанах Южной Африки гости специально спрашивают: «Есть ли в салате помидоры Zettu?» Это не просто бизнес-история. Это доказательство того, что здоровая почва может поддерживать интенсивное земледелие без разрушения экосистемы.

Для наших студентов одним из финальных проектов стало превращение «грязи» в настоящую почву. Один из ребят выращивал томаты, и внезапно ударил мороз. Все контрольные растения погибли — ему пришлось покупать новые. А его «биологически обработанные» томаты выжили. То же самое повторилось со сладким картофелем: в один жаркий день все контрольные растения погибли от перегрева, а биологические остались невредимы. Как это возможно? Всё дело в почвенной пищевой сети — в том, как бактерии, грибы, простейшие и нематоды работают вместе, чтобы сделать растения устойчивее к стрессам.

Но что же это за «сеть», о которой я всё время говорю? Давайте заглянем внутрь. Представьте, что вы смотрите на частицу глины под микроскопом. Она заряжена отрицательно, и вокруг неё держатся положительно заряженные ионы питательных веществ. Растение выделяет в почву кислоты, протоны выбивают эти ионы, и питательные вещества диффундируют в корень. Звучит красиво, правда? Но есть нюанс: в этой же зоне живут микробы. И они тоже хотят эти питательные вещества. Так как же растение получает то, что ему нужно?

Ответ кроется в том, что растение кормит микробов. Оно выделяет в почву сахара, углеводы, белки, вторичные метаболиты — всё то, что мы бы назвали «десертом». От 20 до 40 % углерода, который растение производит в процессе фотосинтеза, уходит в почву в виде экссудатов. Для студента-биолога это может звучать как расточительность: зачем терять столько ценного углерода? Но на самом деле это стратегия. Растение не теряет — оно инвестирует. Оно создаёт вокруг себя сообщество микробов, которое будет работать на него.

Исследования с изотопом углерода-13 показывают, что значительная часть этого углерода поглощается грибами — и микоризными, и сапротрофными — а также бактериями и простейшими. Простейшие, например, поглощают углерод не напрямую, а через трофические взаимодействия: они едят бактерии и грибы, которые уже взяли углерод из экссудатов. Так углерод движется по пищевой сети, и в конечном итоге возвращается к растению в виде доступных питательных веществ.

Давайте посчитаем. Бактерия имеет соотношение углерода к азоту примерно 5:1. Хищнику, например простейшему, нужно 30 атомов углерода на каждый атом азота. Значит, чтобы получить 30 атомов углерода, ему нужно съесть 6 бактерий. При этом он получит 6 атомов азота, хотя ему нужен только 1. Остальные 5 атомов азота он выделит — и сделает это прямо рядом с корнем растения. Это и есть «петля корма» — термин, придуманный Мириам Вебер. Исследования показывают, что при участии простейших количество азота, поглощаемого растениями, увеличивается на 75 %. То есть микробы не просто живут в почве — они активно снабжают растения питанием.

Теперь представьте частицу глины как кусочек льда с вкраплениями «блёсток» — это минералы, которые нужны растению. Но добраться до них непросто: нужны специальные ферменты. И вот тут на сцену выходят бактерии и грибы. У них есть ферментативный аппарат, который позволяет расщеплять даже песок, гальку, камни — всё, из чего состоит почва. Разные микробы специализируются на разных элементах. Есть те, кто добывает железо, кто-то — калий, кто-то — фосфор. И если в почве нет нужных микробов, растение может страдать от дефицита даже при наличии этих элементов в почве. Проблема не в отсутствии, а в недоступности.

Микробы умеют менять среду вокруг себя. Если им нужен более низкий pH, чтобы извлечь железо, они выделяют кислоты. Если нужна щелочная среда — производят соответствующие соединения. То есть биология управляет химией. И именно поэтому питательные вещества становятся доступны растению тогда, когда они нужны, и там, где они нужны.

Структура почвы — ещё один важный момент. Часто её путают с текстурой. Песок, глина, суглинок — это текстура. А структура — это то, как частицы почвы держатся вместе. И здесь главную роль играют микробы. Бактерии создают микроагрегаты, а грибы своими гифами «сшивают» их в макроагрегаты. Получается своеобразная «почвенная губка» — система пор,

которая удерживает воду и воздух. Если положить такой агрегат в воду, он останется целым, а вода будет прозрачной. Почва без биологии развалится, и вода станет мутной. Это простой, но очень наглядный тест, который можно провести даже с детьми.

Поры в почве — это не только про воду. Это ещё и про кислород. В аэробных условиях питательные вещества остаются в доступной для растений форме. А если почва уплотняется, кислород не проникает, и начинаются анаэробные процессы. Азот теряется в виде аммония, сера — в виде сероводорода, фосфор — в виде фосфина. Плюс образуются токсичные метаболиты, например этанол, который может растворять корни. Запах гниющей, «протухшей» почвы — это как раз сигнал о том, что там мало кислорода и много анаэробных процессов.

Обработка почвы — ещё одна большая проблема. Когда мы пашем или культивируем землю, мы разрушаем структуру, убиваем крупных обитателей — грибы, нематод, дождевых червей. Выживают в основном бактерии. Но и они начинают работать слишком активно: потребляют весь кислород, минерализуют органическое вещество, и углерод улетает в атмосферу в виде CO_2 . Иногда ещё и метан образуется — а это ещё более сильный парниковый газ. Плюс голая почва после обработки быстро уплотняется под ударами дождевых капель. Поэтому одно из главных правил регенеративного земледелия — поддерживать постоянный почвенный покров. Растения своими листьями «буферизируют» удары капель, сохраняют структуру и защищают биологию.

Глубина корней — ещё один интересный момент. Доктор Ингхэм однажды заметила корни, растущие из трещин в пещерах на глубине 250 футов. Она ввела в ствол дерева синий краситель — и через три минуты он появился на этой глубине. Это показывает, насколько быстро и далеко могут двигаться вещества по растению. Но если почва уплотнена, корни не могут расти глубоко: они сталкиваются с механическим сопротивлением и недостатком кислорода. А ведь именно глубокие корни — это стабильность, доступ к воде и питательным веществам, устойчивость к засухе.

Экологическая преемственность — ещё один ключ к пониманию. После извержения вулкана первыми приходят бактерии, потом лишайники, затем грибы. Со временем формируется сложное сообщество, где соотношение грибов и бактерий меняется. В лесу, например, грибная биомасса значительно больше, чем в прерии. И это важно: грибы производят органические кислоты, которые регулируют pH и помогают извлекать питательные вещества. Кроме того, в лесу увеличивается количество нематод, питающихся грибами, — это показатель сложной и устойчивой пищевой сети.

Азот — ещё одна важная часть картины. В прериях и на лугах преобладают нитраты, а в лесах — аммоний. И это связано с соотношением грибов и бактерий. Сорняки любят нитраты, поэтому, если вы хотите уменьшить их количество, нужно развивать грибную составляющую почвы. Но важнее другое: здоровая почвенная пищевая сеть позволяет растениям получать азот в той форме, которая им нужна, и тогда, когда она нужна.

Защита растений — это тоже работа микробов. Мы используем модель «конкурировать, потреблять, подавлять, индуцировать». Здоровое растение покрыто микробами, как крепостной стеной. На каждую потенциальную жертву найдётся хищник: есть грибы, которые ловят нематод, есть хищные нематоды, которые едят других нематод. Патогены просто не могут найти чистую поверхность корня или листа — она уже занята полезными микробами. Плюс микробы могут индуцировать у растения системную приобретённую устойчивость — то есть побуждать его производить собственные защитные соединения.

Дождевые черви — ещё одни незаметные герои. Они создают ходы, улучшают аэрацию, помогают перемещаться другим организмам, например энтомопатогенным нематодам, которые борются с вредителями. В одном проекте в Швейцарии мы изучали, как дождевые черви влияют на способность этих нематод находить свою добычу — западного кукурузного кор-

нового червя. Оказалось, что перемешивание почвы червями создаёт идеальные условия для работы других «маленьких защитников».

И наконец, детоксикация. В почве есть микробы, способные расщеплять самые разные соединения — от лигнина до остатков пестицидов. Они связывают токсичные вещества в гуматы, превращают их в стабильную органику. То есть почва не только кормит растения — она ещё и очищает себя.

Всё это напрямую связано с климатом. Доктор Дэвид Джонсон показал, что увеличение соотношения грибной и бактериальной биомассы в почве приводит к тому, что растения накапливают больше углерода в своих тканях и меньше его теряется в атмосфере. То есть, работая с почвой, мы не просто улучшаем урожай — мы влияем на углеродный цикл планеты. Но здесь есть и этический момент: доктор Вандана Шива предостерегает от того, чтобы сводить ценность живой почвы только к «торговле углеродом». Живой углерод, вложенный в почву нашими усилиями, не должен становиться просто компенсацией для тех, кто продолжает загрязнять планету.

Так какова же наша роль как экологов и биологов? Мы можем взять все эти знания — о взаимодействиях видов, о ландшафтах, о почвенных процессах — и использовать их не просто для наблюдений, а для действий. Мы можем восстанавливать леса, оздоравливать поля, создавать устойчивые системы, которые кормят людей и при этом сохраняют природу. И история коренных народов, которые веками управляли ландшафтами вдумчиво и бережно, — это не миф. Это пример того, как можно жить на земле, не разрушая её.

Я благодарна за возможность быть частью этого. За то, что могу изучать, рассказывать и делать. И я очень надеюсь, что и вы, будущие биологи, возьмёте эти знания и превратите их в реальные дела. Потому что почва ждёт. Она живая. И она готова работать с нами — если мы научимся её слушать.

Спасибо, что были со мной в этом путешествии. Пусть оно станет началом вашего собственного пути в науке о жизни.

Рэй Арчулета «Почва — живая система»

«...Я Рэй Арчулета. Когда-то я был специалистом по охране почв в Министерстве сельского хозяйства США. А теперь, выйдя на пенсию, я всё равно не могу отвести взгляд от земли — потому что вижу в ней не просто субстрат, а сложнейшую, дышащую, работающую экосистему. И сегодня я хочу показать вам кое-что простое, но поразительное: симулятор дождя. Это грубая, почти примитивная модель, но она даёт самое честное представление о том, насколько мощной может быть по-настоящему функционирующая почва.

Представьте себе несколько прозрачных колонок. В каждую мы засыпаем образцы почвы из разных мест: из естественного леса, с пастбища, с регенеративной фермы Брайт Кройцера и с обычной фермы. Сверху мы выливаем ровно дюйм воды — как будто прошёл сильный, но короткий ливень. А внизу стоят бутылки: спереди — чтобы собрать воду, которая не впиталась и просто стекла по поверхности, сзади — чтобы поймать ту, что прошла сквозь почву. Это очень наглядный способ увидеть, как разные почвы справляются с водой.

Начнём с лесной почвы. Мы выливаем наш условный дюйм дождя, и... вы видите, как мало воды оказалось в передней бутылке? Почти ничего не стекло по поверхности. Зато в задней — заметный объём. Это не случайность, это признак того, что почва работает: вода проникает вглубь, а не убегает, унося с собой частицы и питательные вещества. Лесная почва удерживает влагу, пропускает её, не разрушаясь. Это и есть почвофункциональность в действии.

Теперь посмотрим на регенеративную ферму. Там тоже много воды ушло вглубь, и сравнительно мало стекла по поверхности. Почва не разваливается, не образует корку. А вот на обычной ферме картина совсем другая: передняя бутылка быстро наполняется. Много воды стекает, мало впитывается. Это значит, что почва плохо пропускает воду, она плотная, возможно, лишённая структуры. И это не только про воду: это про устойчивость всей системы.

Ферма Брайт Кройцера — отличный пример. Их почва поглощает больше воды и позволяет меньшему её количеству стекать. Более высокая скорость инфильтрации означает, что вода уходит глубоко, пополняя запасы влаги в нижних горизонтах. А почва, которая может удерживать и поглощать больше воды, становится устойчивее и к наводнениям, и к засухам. Это не абстрактная теория: это физика и биология почвы в одном флаконе.

Но самое интересное происходит внутри. Посмотрите на лесную колонку: вода устремляется внутрь, заполняя поровое пространство. Почва сохраняет свою целостность. А теперь взгляните на обычную почву: она начинает буквально разваливаться на части. Почему? Потому что в здоровой почве есть «клей» — это побочные продукты жизнедеятельности микроорганизмов и живых корней растений. Эти вещества склеивают частицы почвы в агрегаты. Агрегированная почва — это не просто комочки земли: это структура, в которой есть место и воде, и воздуху, и корням.

В обычной почве количество этого «клея» резко снижено. Механическая обработка, химические нарушения, отсутствие живых корней — всё это разрушает биологические связи. А на регенеративной ферме, наоборот, эти связи сохраняются и восстанавливаются. Брайт Кройцер делает сельское хозяйство так, будто он работает в чистом лесу: ничего не разваливается, все биотические «клеи» и органическое вещество остаются на месте. Природа не возделывает землю плугом — её «почвообрабатывающее оборудование» — это дождевые черви, живые корни, микробы, грибы. Жизнь и биология — вот что формирует структуру почвы.

Давайте теперь посмотрим глубже, на углеродный цикл. Растение поглощает углекислый газ из воздуха в процессе фотосинтеза. Углерод превращается в сахара и другие углеродные соединения, часть которых выделяется через корни. Эти корневые экссудаты — настоящий «обед» для почвенных микроорганизмов. Микробы расщепляют органическое вещество, облегчая растению усвоение питательных веществ. А отходы их жизнедеятельности, вместе с

продуктами жизнедеятельности дождевых червей и других мелких существ, работают как тот самый «клей», удерживающий почву в агрегатах.

Получается замкнутая система: чем больше процветает почвенная экосистема, тем лучше состояние почвы и тем выше в ней содержание углерода. Это не просто «плодородие» в привычном смысле, это устойчивость, способность почвы сопротивляться стрессам, сохранять влагу, поддерживать биоразнообразие.

Брайт Кройцерс говорит, что они увидели значительные изменения на своих полях с тех пор, как начали заниматься восстановительным сельским хозяйством. Они смогли вернуть часть утраченного органического вещества. Представьте: когда-то местные прерии содержали около 12 % органического вещества. За 150 лет традиционного земледелия этот показатель упал до 2 %. Но при целенаправленной регенерации за 10–15 лет можно вернуть почву к 5–6 %, а при правильном подходе и дальше. Это даёт надежду: будущие поколения смогут не просто выживать, а процветать на этой земле.

На путь углеродного земледелия супругов вдохновил Гейб Браун — пионер регенеративного сельского хозяйства. Он управляет фермой площадью два гектара в Северной Дакоте и большую часть года проводит, рассказывая о своих принципах. Его история — это история борьбы и успеха. Раньше он занимался обычным сельским хозяйством, но четыре года подряд неблагоприятные погодные условия уничтожали его урожай. Это был тревожный звонок, который заставил его переосмыслить всё, что он делал. Он начал изучать регенеративное земледелие и в итоге написал книгу «Грязь на Земле», где обобщил теорию и практику своего метода.

Гейб выделяет пять ключевых принципов, и я хочу пройтись по ним вместе с вами, потому что они напрямую связаны с тем, что мы только что видели в нашем простом симуляторе.

Первый принцип — минимизация механических и химических возмущений. Проще говоря, нужно максимально ограничить нарушение почвы. Где в природе вы видите вспашку? Её нет. Когда человек обрабатывает почву, он разрушает естественный дом для всей этой биологии — той самой, которая перерабатывает питательные вещества и помогает растениям расти. Укладка плитки, глубокая вспашка, частые проходы техники — всё это разрушает структуру, созданную живыми существами, и уничтожает среду обитания организмов, без которых почва не может функционировать. Даже если используется техника, которая прорезает узкие бороздки для семян, главное — не переворачивать и не разрушать почвенные агрегаты. Так подземная экосистема остаётся нетронутой.

Второй принцип — постоянное покрытие почвы. Почва должна быть защищена, как кожа защищает наше тело. Она не должна оставаться открытой. Покровные культуры, растительные остатки, мульча — всё это работает как «броня». Такая защита предотвращает эрозию ветром и водой, а также снижает испарение влаги. В природе почва почти никогда не бывает голой: её всегда что-то прикрывает.

Третий принцип — разнообразие. На моей демонстрационной площадке растёт около 12 разных видов растений одновременно. Природа не любит монокультуры. Разнообразие улучшает функционирование экосистем: каждое растение и каждый живой организм играют свою роль в поддержании структуры почвы и создании упругой, здоровой системы. Один вид не может обеспечить всё необходимое для сбалансированной почвы.

Четвёртый принцип — поддержка живых корней в почве круглый год. Живые корни — это не только «насос» для воды, но и источник экссудатов, которые кормят почвенную биоту. Чем дольше в почве есть живые корни, тем дольше поддерживается активность микроорганизмов, тем стабильнее структура и выше содержание органического вещества.

И пятый принцип — интеграция животных. Животные вносят свой вклад в круговорот питательных веществ, помогают формировать структуру почвы и поддерживают биоразнообразие. Но об этом мы поговорим в другой раз.

Всё, что мы видим сегодня в мире — опустынивание, экстремальные температуры, резкие колебания влажности, — во многом является прямым результатом неправильного управления экосистемами. Фермеры, владельцы ранчо и все, кто работает с землёй, долгое время не учитывали эти принципы. Мы нарушили круговорот воды, изменили баланс углерода, разрушили почвенные структуры. Но хорошая новость в том, что почву можно восстановить. Не за один сезон, не за год, но за 10–15 лет целенаправленной работы можно вернуть ей значительную часть утраченной функции.

Когда я смотрю на эти колонки с почвой, я вижу не просто эксперимент. Я вижу надежду. Надежду на то, что новое поколение студентов, учёных, фермеров сможет применять эти принципы и строить сельское хозяйство, которое не истощает, а восстанавливает землю. Потому что почва — это жизнь. И если мы научимся её беречь, она ответит нам устойчивостью, плодородием и способностью выдерживать любые испытания.

Это и есть суть регенеративного земледелия: не брать у земли больше, чем она может отдать, а помогать ей становиться сильнее. И начинать можно с малого: с отказа от лишней обработки, с покрытия почвы, с разнообразия культур, с поддержки живых корней. Каждый из этих шагов — кирпичик в фундаменте устойчивой системы.

А теперь давайте ещё раз посмотрим на наши колонки. Сравните лесную почву, регенеративную ферму и обычную ферму. Что вы видите? Что чувствуете? Для меня это не просто демонстрация инфильтрации воды. Это урок о том, как должна работать земля — и как мы можем ей в этом помочь.

«Японский дедушка» «От заброшенного поля — к живой почве»

«...Знаете, когда я впервые оказался на том скромном поле площадью в два гектара, у меня внутри всё сжималось от странного предчувствия: будто передо мной не просто участок земли, а какая-то точка отсчёта. День был обычный, без пафоса и громких слов. Люди собрались тихо, без лишней суеты, но в воздухе витало ожидание — такое, какое бывает, когда вот-вот откроется что-то важное, почти забытое.

Они пришли узнать о простом методе регенеративного земледелия — о таком, который может практиковать каждый. И это слово «простой» тогда резануло слух: ведь в моём университетском багаже «просто» означало «недостаточно научно». Но именно эта простота и оказалась самой сложной частью истории.

Учителем в тот день был Яшида Тассиничи. Он не говорил про высокие технологии и не обещал чудес. Он говорил про органическое сельское хозяйство, которое опирается на силу микроорганизмов в почве. И вот тут я впервые услышал, как он называет их своими друзьями. А ещё — ласково, почти по-домашнему — «кин-чан», или «олений бактерии». В тот момент я улыбнулся: звучало как сказка. Но потом я увидел, как серьёзно он к этому относится, и улыбка быстро сменилась интересом.

Яшида создавал почву буквально из того, что легко доступно. И самое неожиданное: он не искал редких компонентов, не гнался за дорогими удобрениями. Он брал пищевые отходы — то, что люди обычно выбрасывают, — и ферментировал их. В герметичные контейнеры клал эти отходы, добавлял рисовые отруби и соль. Это напоминало способ приготовления японских маринадов, только целью было не сохранить вкус, а создать жизнь.

Примерно через месяц брожения он смешивал эту массу с почвой, а затем плотно накрывал участок чёрным пластиковым листом. И ждал. Ещё около месяца. И когда снимал покрытие, почва была не просто «готовой» — она была живой. Я до сих пор помню это ощущение: будто ты стоишь перед чем-то, что работает по законам природы, а не по инструкциям.

Раньше Яшида работал советником фермеров в местном правительстве. И именно там он начал сомневаться в традиционном сельском хозяйстве. Оно строилось на химических веществах, на логике «добавить и получить результат». Но он видел, как эта логика истощает землю, как она делает её всё менее плодородной. И он стал призывать фермеров переходить на органику. Не из моды, не из идеологии, а из понимания: земля — это не бесконечный ресурс.

Когда он ушёл со своего поста, то сам стал фермером. И это было непросто. Ему удалось арендовать лишь заброшенные, бесплодные поля, которые пустовали годами. Но, как он сам говорил, это оказалось скрытым благословением. На этих полях не было иллюзии плодородия, не было привычки к «подкормкам». Здесь всё приходилось строить заново. И именно здесь он воочию ощутил силу природы — ту самую, которая способна восстанавливать даже то, что кажется безнадежным.

Он перепробовал многое, чтобы понять, как лучше всего выращивать микроорганизмы в почве. Сейчас его фокус — на создании почвы с помощью сорняков, тех самых, которые фермеры привыкли считать ненужными. И тут снова всплывает это слово «ненужные». Но для Яшиды они были источником углерода — а значит, пищей для нитевидных грибов, тех, что в быту называют плесенью.

Представьте: он сажал около пяти килограммов сорняков на квадратный метр. Жёсткие, волокнистые сорняки, которые никому не нужны, — они оказались идеальными. В них много углерода, а углерод — это энергия для грибов. Но тут есть нюанс: если сорняки слишком сухие, разложение замедляется. Поэтому Яшида скашивал сорняки и добавлял умеренное количество влаги. А чтобы сохранить её, накрывал гребень пластиковой простыней. Подготовка зани-

мала всего тридцать минут, но результат проявлялся через два-три месяца: почва становилась пушистой, живой, наполненной жизнью.

Однажды он показал мне участок, который подготовил двумя месяцами ранее. Немного копнул — и вот они: нитевидные грибы покрывают всю органику в почве. Грибы сильно выросли и вытянули толстые белые нити — гифы. И тут начинается самое интересное с точки зрения биологии.

Гифы — это не просто «нити». Это инфраструктура. Они играют важную роль в обмене питательными веществами между растениями и почвой. Нитевидные грибы питаются углеродом, растут и распространяют гифы в почву. А гифы, в свою очередь, притягиваются к углероду, который выделяют корни растений. Они прикрепляются к корням, растут дальше — и снабжают растения питательными веществами, минералами и влагой.

Получается симбиоз: гифы становятся как бы дополнительными корнями. Они помогают растениям усваивать питательные вещества гораздо эффективнее. И благодаря этому посевы поглощают больше питательных веществ и растут энергично. Для студента-биолога это не просто «хорошо растут» — это наглядная демонстрация того, как экосистема работает как единое целое.

Яшида говорил, что все питательные вещества, необходимые для выращивания культур, он находит в самой земле — благодаря микроорганизмам. И ещё он отмечал: культуры, выращенные таким образом, (на почве куда добавлялась засилосованная органика и на месте дополнительно ферментировались скошенные волокнистые сорняки) более устойчивы к болезням и нашествию вредителей. Это не магия и не чудо — это следствие того, что растение получает полноценное питание, а его корневая система работает в симбиозе с почвенной биотой.

Сейчас Яшида путешествует по Японии, делится своим методом. На его занятия приходят люди из всех слоёв общества: кто-то интересуется экологическими проблемами, кто-то — практическим земледелием. Но всех объединяет одно: понимание, что сельское хозяйство — это не только про урожай, но и про восстановление земли.

И он верит в потенциал сельского хозяйства и в каждого из нас в решении глобального кризиса. Эта вера звучит почти как лозунг, но, когда видишь, как работает его метод, она перестаёт быть абстракцией.

А потом история выходит на другой уровень — на международный. Почва, которую восстанавливают такими методами, привлекла внимание на Парижской конференции по климату 2015 года. Правительство Франции предложило план по сокращению выбросов углекислого газа — инициативу «4 промилле», или «4 на 1000». Смысл её в том, чтобы увеличивать количество углерода, хранящегося в верхнем слое земли, на 0,4 % в год — то есть на 4 части на 1000. Если это удастся, мы сможем компенсировать рост количества углерода в атмосфере.

Для достижения этой цели люди обращаются к древнему материалу — биоуглю (или биочару).

На одной ферме в Центральной Японии биоуголь используют уже давно. Амимехикаду, оптовый торговец фруктами, вместе с коллегами выращивает японские сливы и хурму уже 15 лет. Они используют биоуголь, чтобы улучшать качество почвы. Он арендует заброшенные сады и буквально оживляет почву с помощью этого материала.

Процесс тоже интересен: сначала он ждёт около года, пока нарубленная древесина высохнет. Потом превращает её в биоуголь. Деревья поглощают углерод из атмосферы, чтобы расти, а когда их превращают в биоуголь, этот углерод может храниться в почве 100 лет и даже больше. Биоуголь готовят так: дрова почти догорают, а потом на них наливают воду — и процесс останавливается. Получается материал, который не сгорает полностью, а сохраняет структуру.

Захоронение биоугля в почве задерживает атмосферный углерод и одновременно помогает регенерировать почву. Его способность улучшать состояние почвы связана с пористой структурой: она отлично подходит и для хранения, и для отвода воды. Старые деревья, которые

часто выбрасывают как отходы, здесь получают новую жизнь. И фрукты, выращенные на такой почве, становятся не просто продуктом — они становятся доказательством того, что можно работать с природой, а не против неё.

Но биоуголь — это не единственное средство. На той же ферме удаляют сорняки и используют их для удобрения почвы, применяют компост и другие методы, которые помогают накапливать углерод в почве. В итоге группа фермеров получила признание за вклад в создание безуглеродного общества. Префектура Яманаси сертифицировала их сельскохозяйственную продукцию в рамках инициативы «4 на тысячу». Чтобы получить этот сертификат, они должны были улавливать по крайней мере одну тонну углерода на каждом гектаре почвы.

Интересно, что биоуголь появляется и как побочный продукт в других процессах. Например, на электростанции, где для выработки электроэнергии используют древесину, полученную в результате прореживания лесов. Сжигание древесины даёт энергию, а биоуголь остаётся как побочный продукт. Сначала он был просто отходами, утилизация которых стоила дорого. Но теперь он приносит дополнительный доход: молочный фермер может продавать его как удобрение, а другие фермеры — использовать для улучшения почвы. Так формируется местная экономика замкнутого цикла.

Япония стала первой страной, которая сертифицировала биоуголь в качестве кредита для компенсации выбросов углекислого газа. В рамках кредитной схемы этот кредит можно продавать на местных и глобальных углеродных биржевых рынках. Фермеры могут использовать биоуголь для улавливания или удаления углерода из атмосферы, а количество уловленного углерода превращать в кредиты. Компании, которые хотят компенсировать свои выбросы, покупают эти кредиты. Исследователь биоугля Кишимото Муаяка говорит, что такая кредитная схема создаёт благоприятный цикл: он приносит пользу и фермерам, и окружающей среде.

По оценкам, потенциальное количество CO₂, которое может быть захвачено и сохранено в почве, составит более 2,3 гигатонн в год к 2050 году. Это огромные цифры, но за ними стоят вполне реальные процессы: работа с микроорганизмами, использование сорняков, создание биоугля, восстановление заброшенных земель.

Мы стремимся к безуглеродному обществу, и сельское хозяйство становится одним из главных инструментов этого перехода. Углеродное земледелие неизбежно породит новые тенденции, новые подходы, новые профессии. Люди прокладывают новые пути к более зелёному будущему.

Фермеры, с которыми мы встречались, говорили, что наш нынешний образ жизни нарушает работу естественной экосистемы, которая поддерживает нас. И тут хочется остановиться, и подумать: в мире почти восемь миллиардов человек. То, как мы выращиваем нашу пищу, что мы едим, какие решения принимаем каждый день, — всё это определяет наше будущее и будущее планеты. И всё начинается с нуля. Буквально: с первого шага по полю, с первого семени, с первого осознанного решения работать с землёй, а не против неё.

Вот такая история. Не про идеальные формулы и не про мгновенные результаты. Про терпение, наблюдение и уважение к природе. И если вы, студенты, будете смотреть на сельское хозяйство как на биологическую систему, а не просто как на производство, у вас появится шанс увидеть то, что видел Яшида: как из заброшенного поля рождается живая, плодородная, устойчивая земля.

Кэтлин Дихиара: «Еда как диалог: голос почвы и тела»

Я Кэтлин. И если бы вы спросили меня, о чём я думаю чаще всего, я бы ответила: о связях. Не о формулах, не о таблицах, а о том, как одно отзывается в другом. Как то, что происходит в почве, отражается в нашем кишечнике. Как забота о земле становится заботой о человеке — и наоборот.

Когда я только начинала говорить об этом, многие смотрели на меня с недоумением: «Кэтлин, ты смешиваешь сельское хозяйство и медицину? Это разные миры». А я всё время думала: нет, это один и тот же мир, просто мы привыкли смотреть на него через разные окна. Мы говорим «продовольствие» — и думаем про урожай. Говорим «здоровье» — и думаем про таблетки. Но если присмотреться, между этими окнами — одна и та же стена. И трещины на ней появляются там, где мы перестали видеть целое.

На одной из конференций Джон Кэмпф сказал фразу, которая меня буквально встряхнула: «Биология вытесняет химию». Я тогда чуть не закричала в микрофон: «Да! Именно это!» Потому что мы слишком долго пытались починить человека, как сломанный механизм: подкрутить тут, добавить там, замерить показатели и выровнять цифры. И это работает — до поры. Можно добиться идеального баланса питательных веществ в лабораторном тесте, а человек всё равно будет чувствовать себя разбитым. Или, наоборот, у кого-то показатели не идеальны, но он полон сил, потому что его биология — живая, гибкая, способная к саморегуляции.

И вот тут важно не упрощать. Я не призываю отказаться от науки или от измерений. Я призываю не забывать, что за каждым показателем стоит живая система. Химия — это язык, на котором мы описываем процессы. Биология — это сам процесс. И если мы хотим по-настоящему понять здоровье, нам нужно слушать именно биологию.

Представьте, что ваше тело — это небольшой участок земли. Не абстрактный, а самый настоящий: с микрорельефом, с разной влажностью, с корнями, грибами, бактериями, червями. Это ваша личная экосистема. И вы каждый день «обрабатываете» её: чем-то засеиваете, что-то убираете, поливаете, иногда пересушиваете, иногда заливаете. И каждый ваш выбор — это агротехника для вашего внутреннего ландшафта.

Мы привыкли думать, что питание — это просто доставка топлива: белки, жиры, углеводы, витамины. Но это слишком узкое представление. Пища — это информация. Она говорит с нашими клетками, с нашим микробиомом, с нашими генами. Например, полифенолы — те самые соединения, которые придают растениям цвет, вкус, терпкость, — работают как сигналы. Они не просто «антиоксиданты», которые нейтрализуют свободные радикалы. Они включают и выключают гены, настраивают иммунные клетки, помогают формировать устойчивость к стрессам.

Вы когда-нибудь замечали, что растение, которое растёт в сложных условиях — на бедной почве, при перепадах температур, под ветром — часто бывает более «насыщенным»? В нём выше содержание полифенолов. Это его способ выжить: создать себе химическую броню. И когда мы едим такие растения, мы получаем не просто набор молекул. Мы получаем опыт выживания, упакованный в листья, корни, плоды. Исследования показывают, что полифенолы могут активировать гамма-дельта-Т-клетки — это такие «первые стражи» нашей иммунной системы. И эффект от этого может сохраняться даже спустя дни после приёма пищи. То есть еда буквально учит нашу иммунную систему быть начеку.

Но здесь есть важный нюанс: полифенолы не работают в одиночку. Их сила раскрывается только в присутствии здорового микробиома. Потому что именно наши бактерии превращают эти сложные молекулы в формы, которые тело может использовать. Более того, сами полифенолы помогают полезным бактериям расти, а те, в свою очередь, производят короткоцепочечные жирные кислоты — вещества, которые восстанавливают слизистую кишечника, снижают воспаление и даже влияют на настроение. Получается замкнутый круг поддержки: мы кормим микробы, а они кормят нас.

Я часто привожу пример с брокколи. В супермаркете мы видим только соцветие — аккуратную зелёную «корону». Но настоящая история брокколи — это всё растение целиком: листья, стебель, корень. В листьях — минералы и витамины, в стебле — уникальные ферменты, в соцветии — предшественники сульфорафана, мощного защитного соединения. Когда мы едим только одну часть, мы теряем сложность. А сложность — это и есть сила. Природа не

делает «суперпродуктов» в отрыве от контекста. Сила брокколи — не в одной молекуле, а в ансамбле всех её частей, в их взаимодействии.

Ещё один важный момент, который мы часто упускаем, — это время. Мы привыкли есть постоянно: перекусы, снеки, напитки с сахаром. Но нашим бактериям тоже нужно время, чтобы работать. Есть такое понятие — «перекрёстное кормление»: одни бактерии производят вещества, которые становятся пищей для других. И этот процесс особенно активен в периоды голодания — например, ночью, когда мы спим. Если мы не даём себе паузы между приёмами пищи, мы не позволяем этим тонким механизмам работать. Поэтому я не люблю модные «детоксы» и экстремальные голодания. Но я очень ценю естественный ритм: последний приём пищи вечером, пауза на ночь, первый приём утром. Это не наказание, не ограничение, а возможность дать системе отдохнуть и восстановиться.

Давайте посмотрим на это с точки зрения физиологии. Желудочная кислота — это не враг, хотя мы часто пытаемся её подавить. Она нужна, чтобы отделить белки от витаминов, например, чтобы подготовить витамин В12 к усвоению. Если мы постоянно снижаем кислотность, мы рискуем нарушить этот процесс. И тогда даже при идеальном рационе может возникнуть дефицит. Это не значит, что всем нужно отказаться от лекарств. Это значит, что нужно понимать, как каждое вмешательство влияет на всю систему.

Иногда я рассказываю историю одной женщины, которой было около сорока лет. У неё была хроническая усталость, проблемы со сном, тревожные маркеры по щитовидной железе, синдром раздражённого кишечника и явные признаки повышенной проницаемости кишечника. Лабораторные анализы показали антитела к разным белкам, низкий уровень глутамина, нарушение баланса меди и цинка, а также дефицит витаминов группы В — причём не из-за плохого питания, а из-за того, что её микробиом не мог их синтезировать. У неё почти не было ключевых видов бактерий, которые обычно производят эти витамины.

Что это значит? Это значит, что даже если вы едите «правильно», но ваш микробиом истощён, вы всё равно можете страдать от дефицита. И попытки просто «добавить» витамины часто не решают проблему, потому что тело не может их эффективно использовать. Нужно сначала восстановить экосистему.

В её случае мы не стали сразу давать пробиотики с лактобактериями, хотя казалось бы — «их не хватает, надо добавить». Проблема была в высоком уровне лактата: добавление лактобактерий могло бы усугубить ситуацию. Вместо этого мы сосредоточились на восстановлении слизистой кишечника с помощью глутамина, на снижении воспаления, на нормализации сна и циркадных ритмов. Потому что даже самые лучшие бактерии не будут работать, если среда для них неблагоприятна.

Сон — это отдельная большая тема. Всего одна ночь недосыпа может снизить активность естественных клеток-киллеров на 70%. А хроническое нарушение циркадных ритмов повышает проницаемость кишечника и поддерживает воспаление. То есть, если человек делает «всё правильно» с точки зрения питания, но спит плохо, он может не видеть улучшений. И это не потому, что питание не работает. Это потому, что система перегружена.

Ещё одна связь, которую мы редко учитываем, — это микробиом полости рта. Мы постоянно проглатываем бактерии из рта, и они становятся частью кишечного микробиома. Исследования показывают, что до 40–45% микробов из ротовой полости могут оказаться в кишечнике. Поэтому здоровье дёсен, баланс микрофлоры во рту — это тоже часть общей картины.

И, наконец, я хочу сказать о ритмах и переходах. Мы все проходим через разные этапы: периоды стресса, болезни, восстановления, перемен. И наша экосистема — почва, тело, микробиом — тоже меняется. Иногда самое важное, что мы можем сделать, — это остановиться, дать себе паузу, позволить системе перезагрузиться. Не потому, что мы «слабые», а потому что мы живые. Живые системы не работают по расписанию. Они требуют времени, внимания, бережного отношения.

Когда мы говорим о регенеративном земледелии, мы имеем в виду восстановление почвы, возвращение ей жизни, создание устойчивых экосистем. Но я всё чаще думаю, что регенерация нужна не только почве. Она нужна и нашему телу. И принципы здесь очень похожи: разнообразие, устойчивость, восстановление связей, уважение к сложности.

Поэтому, когда я смотрю на тарелку, я вижу не просто еду. Я вижу диалог. Диалог между растением и почвой, между почвой и климатом, между едой и моим микробиомом, между моим телом и моим образом жизни. И моя задача — научиться слушать этот диалог.

Я не предлагаю вам готовых рецептов. Я предлагаю вам научиться задавать правильные вопросы: «Что эта еда говорит моему телу?», «Как мой образ жизни поддерживает или нарушает мои внутренние экосистемы?», «Где я могу вернуть сложность, разнообразие, паузу?».

И если вы, как будущие биологи, сможете увидеть эти связи — не как абстракции из учебника, а как живую, пульсирующую реальность, — вы будете видеть глубже. Вы будете понимать, что здоровье — это не отсутствие болезни. Это способность системы восстанавливаться, адаптироваться, жить.

Спасибо, что выслушали. И помните: самое важное открытие часто начинается с простого вопроса: «А что, если всё связано?»

Пиус Флорис «Почва — наш общий дом: разговор об истоках и будущем земледелия»

«...Я стою здесь, в самом сердце Европы, и чувствую, будто сама земля шепчет мне о своих бедах и надеждах. Спасибо вам, что уделите время этому разговору. Тема непростая, но, пожалуй, одна из самых важных для будущего: как мы кормим планету и что при этом делаем с почвой.

Когда я слушаю, как говорят о сельском хозяйстве, мне часто кажется, что мы всё ещё живём в эпохе «чуда удобрений». И это правда: без них 48 процентов населения земного шара просто не смогли бы существовать. Это не преувеличение, а сухая статистика. Удобрения действительно стали спасением в своё время. Но, как и у любого спасения, у них есть своя цена. И мы её платим — и платим до сих пор.

Мы пришли из того времени, когда химия казалась ответом на все вопросы. Всего 70 лет прошло с тех пор, как человечество научилось производить азот в промышленных масштабах — благодаря процессу Габера–Боша. Забавно, что изначально этот азот шёл не на поля, а на производство взрывчатых веществ. Две мировые войны использовали его для разрушения, а после войны те же заводы стали работать на созидание — на удобрения. И это принесло огромную пользу. Но вместе с пользой мы получили и новые проблемы, о которых тогда почти не думали.

Всё началось гораздо раньше, чем кажется. Ещё 160 лет назад Юстус фон Либих сформулировал закон минимума: рост растения ограничивается тем элементом, которого не хватает больше всего. На первый взгляд, это логично. Но на практике этот закон стал оправданием для очень узкого взгляда на питание растений: мы начали смотреть на почву как на инертный субстрат, куда нужно просто добавить недостающие элементы. Сегодня лаборатория Либиха — музей. И в этом есть горькая ирония: наука ушла вперёд, а практика во многом осталась на месте.

Как агроном, я часто ловлю себя на мысли: мы знаем о болезнях растений гораздо больше, чем о том, как сделать их здоровыми. Мы научились побеждать патогены, но забыли, как поддерживать естественную устойчивость. А ведь растения живут на этой планете уже 450 миллионов лет. За это время они выработали невероятные механизмы защиты — от шипов до сложных химических соединений. Большинство болезней, с которыми мы сталкиваемся сегодня, — это не столько «нападение врагов», сколько результат абиотических стрессов и неправильного питания. Проще говоря, растения болеют, потому что им не хватает нужных веществ, а не потому, что кто-то специально хочет их погубить.

И тут мы подходим к одной из самых недооценённых тем — к микроэлементам. В человеческом организме около 50 химических элементов, и примерно 15 из них составляют менее одного процента от общей массы. Но это не значит, что они не нужны. Без некоторых из них организм просто не сможет функционировать. То же самое и с растениями. Представьте, что вы ездите на отличной машине, но в ней нет предохранителей. Вроде бы всё на месте, но любая перегрузка — и система выходит из строя. Так и с растениями: даже те элементы, которых нужно совсем немного, играют критически важную роль. Они участвуют в выработке гормонов, в метаболических процессах, в защите от стрессов. Мы часто называем их «несущественными», но в природе нет ничего несущественного. Любое растение содержит не менее 32 химических элементов — и каждый из них там не случайно.

Если посмотреть на современную агрономию, становится ясно: мы слишком упростили картину. Индустрия фокусируется на 16 основных элементах — вода, углекислый газ, кислород, азот и ещё несколько минералов. Но этого недостаточно. Корова не может жить на «базовом наборе» — ей нужна трава, а трава, в свою очередь, должна быть полноценной. Если почва

истощена, то и трава будет «пустой», и фермеру придётся покупать дополнительные корма и добавки. Это замкнутый круг, который стоит огромных денег и не решает проблему по сути.

А теперь давайте заглянем под землю — туда, где происходит настоящая магия. Корни растения — это не просто насосы, которые качают воду и минералы. Это сложные органы, которые активно взаимодействуют с почвой. В среднем растение «платит» почве около 35 процентов от всего, что производит в процессе фотосинтеза. Эти «налоги» — корневые экссудаты, сахара, которые растение добровольно отдаёт в ризосферу, чтобы накормить полезные бактерии. Это инвестиция в собственное будущее: бактерии помогают растению получать фосфор, вырабатывают гормоны, защищают от патогенов. Но если мы вносим слишком много минеральных удобрений, мы нарушаем этот баланс. Бактерии начинают работать не на растение, а на переработку избыточного азота, потребляя при этом органический углерод. А углерод превращается в углекислый газ и уходит в атмосферу. Так мы теряем самое ценное — органическое вещество почвы.

Ещё один ключевой игрок в этой системе — микоризные грибы. Их гифы могут проникать в микропоры почвы, куда корни просто не достают. Представьте почву как многоквартирный дом. Корни могут расти только в «шахтах лифтов» — в крупных порах. А в «кухонных шкафах» и «кладовых» — в микропорах — работают грибы. Они добывают минералы и воду в тех местах, куда корни не доберутся. Без этого симбиоза растение никогда не получит полного набора питательных веществ. И именно эти симбиотические отношения мы разрушили современным земледелием. В некоторых почвах количество микоризных грибов сократилось настолько, что растения фактически остались без «помощников».

Это особенно заметно в периоды засухи. В прошлом году в Европе была сильная засуха, и проблемы были в первую очередь у тех фермеров, которые активно пахали землю и вносили большие дозы минеральных удобрений. Почему? Потому что пахота разрушает почвенные агрегаты и убивает полезную микрофлору, а избыток удобрений нарушает симбиоз с грибами. В результате корни не могут эффективно добывать воду, и растения страдают даже при наличии влаги в глубоких слоях почвы.

Давайте посмотрим на корни внимательнее. Зона поглощения — это не весь корень, а только самые тонкие его части, корневые волоски. Это единственные настоящие «органы всасывания». Всё, что находится за пределами их досягаемости, растению недоступно. И если мы думаем, что достаточно просто внести удобрения в почву, мы ошибаемся. Удобрения должны попасть именно туда, где работают корневые волоски, или быть переработаны микроорганизмами в доступную форму. Иначе они просто останутся в почве «мёртвым грузом» или уйдут в грунтовые воды, загрязняя окружающую среду.

Теперь о самом сложном: об органическом веществе почвы. Мы привыкли думать, что чем больше органики, тем лучше. Но это не всегда так. Органическое вещество бывает разным. Есть «мёртвая» органика — например, торф. Он химически стабилен, но биологически неактивен. В нём нет жизни, а значит, он не может поддерживать почвенную экосистему. Настоящая ценность — в живом органическом веществе, в том, что участвует в круговороте углерода, в образовании гумуса. Именно оно связывает минералы, создаёт почвенные агрегаты, удерживает воду и поддерживает жизнь микроорганизмов.

Я видел исследования, которые наглядно показывают эту разницу. В университете Вагенингена сравнивали две почвы, химически идентичные, но с разным уровнем биологической активности. Под микроскопом разница была колоссальной. В одной почве не было связи между органическим веществом и минералами — это была просто смесь частиц. В другой почве уже через полгода эксперимента начали формироваться почвенные агрегаты — структурные единицы здоровой почвы. Именно они делают почву устойчивой к эрозии, к засухе, к болезням.

Именно поэтому я, как фермер, вношу на свои поля 30 тонн компоста на гектар. Не для того, чтобы сразу поднять урожайность, а чтобы вернуть в почву жизнь. Но даже при таком

подходе за 10 лет содержание органического вещества увеличивается лишь на четверть процента. Куда девается остальное? Во многом — из-за тех же минеральных удобрений. Каждая молекула азота, которую мы добавляем, заставляет микроорганизмы «сжигать» 15–20 атомов углерода, превращая его в углекислый газ. Так мы теряем органическое вещество быстрее, чем успеваем его восполнять.

Иногда я привожу студентам такой пример: представьте маленьких морских черепашек, которые только что вылупились из яиц. Они изо всех сил ползут к океану, но большинство из них съедают птицы и млекопитающие ещё до того, как они достигают воды. Из тысяч черепашек до первого года доживает лишь одна. А теперь представьте, что у них нет естественных врагов. Что произойдёт? Популяция черепашек начнёт расти в геометрической прогрессии. Точно так же и с нематодами в почве. У них есть естественные враги — хищные грибы и другие микроорганизмы. Но когда мы уничтожаем почвенную биоту химическими средствами, мы убираем этих хищников. И нематоды начинают размножаться бесконтрольно. Проблема не в самих нематодах, а в том, что нарушен баланс экосистемы.

Растения тоже умеют защищаться. Если мы создадим для них правильные условия, они сами справятся со многими проблемами. Например, если оплести корни растения микоризными грибами, нематода, попавшая в эту зону, будет быстро уничтожена. Грибы не вегетарианцы — они нуждаются в белке и азоте, поэтому охотно поедают нематод и даже их яйца. Это естественный механизм контроля, который мы можем использовать, вместо того чтобы травить почву химикатами.

В Абу-Даби, в пустыне, есть органическое хозяйство, где корни растений свободно проникают на глубину до двух метров. Там на глубине 130 сантиметров есть капиллярная вода, и растения могут до неё добраться, если их не ограничивать. Это показывает, насколько велики адаптационные способности растений, если мы не подавляем их химией и механической обработкой.

Так что же делать? Прежде всего — перестать смотреть на почву как на пассивный субстрат. Почва — это живая система, где всё взаимосвязано: минералы, органическое вещество, вода, микроорганизмы, грибы, нематоды. Здоровая почва — это почва, в которой все эти компоненты находятся в балансе. Именно такой баланс позволяет почве быть устойчивой к стрессам, к болезням, к изменению климата.

Нам нужно переосмыслить саму идею питания растений. Да, макроэлементы важны. Но не менее важны и микроэлементы, и биологическая активность почвы, и симбиотические связи. Нам нужно учиться не «кормить» растения, а создавать условия, в которых они смогут сами добывать всё необходимое. Это и есть суть регенеративного земледелия: не брать у почвы больше, чем она может отдать, а помогать ей восстанавливать свои силы.

Я понимаю, что это звучит как идеализм. Но я видел, как это работает на практике. Фермеры по всему миру, которые перешли на регенеративные методы, отмечают не только улучшение состояния почвы, но и рост устойчивости своих хозяйств. Да, это требует времени и терпения. Но альтернатива — продолжать истощать почву и надеяться на новые химикаты — просто не имеет будущего.

Почва — это наш общий дом. И если мы хотим, чтобы этот дом оставался пригодным для жизни, нам нужно относиться к нему с уважением и заботой. Не как к ресурсу, который можно бесконечно эксплуатировать, а как к живой системе, которая даёт нам пищу, воздух и воду. И, возможно, именно вам, будущим биологам и агрономам, предстоит найти новые пути, чтобы восстановить этот баланс и сделать сельское хозяйство по-настоящему устойчивым.

Роман Атаманс из Голландии о почве микоризе, корнях.

Знаете, когда я впервые оказался на этом вебинаре, у меня внутри всё будто сжалось от волнения. Не потому, что я боялся пубрики — нет. А потому, что стоял на пороге разговора, который должен был соединить сухую науку и живую практику. И сегодня я хочу поделиться с вами этим — не как лектор с кафедры, а как человек, который годами копался в земле, смотрел в микроскоп, анализировал графики и снова возвращался к полю, чтобы проверить: а правда ли то, что мы думаем, работает на самом деле?

Меня зовут Рамон Атаманс. Я консультант по выращиванию фруктов, но, если честно, моя настоящая страсть — биология почвы. Последние пять лет я посвятил тому, чтобы понять, как почва становится не просто субстратом, а живым, дышащим организмом, который кормит растения, защищает их и даже... думает по-своему. Да, звучит поэтично, но для биолога это не метафора: в почве кипит сложнейшая сеть взаимодействий, где каждый микроб, каждый грибок, каждая молекула органического вещества играет свою роль.

Я работал в разных странах, в том числе четыре года в КНР, и везде видел одну и ту же картину: фермеры борются с симптомами, а не с причинами. Мы привыкли считать, что сельское хозяйство — это про удобрения, гербициды и высокие урожаи любой ценой. Нас так учили: знай формулу NPK, следи за pH, обрабатывай почву, и будет тебе счастье. Но где-то по дороге мы забыли, как устроена природа. Забыли, что в естественных экосистемах никто не вносит минеральные удобрения, а почва не истощается, а, наоборот, становится плодороднее с каждым годом.

Именно поэтому сегодня мы говорим о регенеративном земледелии — о подходе, который возвращает почве её естественные функции. И ключ здесь не в новых химикатах, а в понимании того, как работает сама система.

Почва: три кита плодородия

Представьте треугольник. Его вершины — это химические, физические и биологические свойства почвы. В традиционном сельском хозяйстве мы десятилетиями фокусировались на химии: анализировали содержание азота, фосфора, калия, подбирали дозы удобрений. Физика тоже не оставалась в стороне: мы рыхлили, пахали, боролись с уплотнением. А вот биология... биология всегда оставалась в тени. Её будто считали чем-то второстепенным, необязательным.

Но правда в том, что без баланса всех трёх компонентов система не работает. За последние 30–40 лет чрезмерное использование искусственных удобрений и интенсивная обработка почвы привели к тому, что биологическая составляющая во многих местах практически исчезла. Почва потеряла свою «живость», и никакие дозы химии уже не могут это компенсировать.

Почему? Потому что именно биология отвечает за превращение органического вещества в гумус, за высвобождение минералов, за защиту растений от патогенов. Бактерии и грибы не просто живут в почве — они создают её структуру, формируют агрегаты, обеспечивают доступ воздуха и воды к корням. Без них почва — это просто набор минералов и песка.

Как мы «читаем» почву: за пределами стандартного анализа

Когда фермер приходит ко мне с проблемой, первое, что он обычно показывает, — стандартный химический анализ почвы. И я не отрицаю его ценность: знать содержание основных элементов и pH действительно важно. Но проблема в том, что такой анализ даёт лишь фрагмент картины. Он говорит нам, сколько азота или кальция есть в почве, но не отвечает на главный вопрос: а доступны ли эти элементы для растений?

Я видел сотни анализов, где показатели выглядели «идеально», а растения при этом страдали от дефицита. Почему? Потому что доступность питательных веществ зависит от биоло-

гии. Кальций может быть в избытке, но, если в почве нет нужных микроорганизмов или нарушена структура, растение просто не сможет его усвоить.

Поэтому мы используем дополнительные методы, которые помогают увидеть, как почва функционирует на самом деле. Один из них — хроматический анализ. Да, звучит необычно, но это мощный инструмент. Суть в том, что мы обрабатываем образец почвы специальным раствором и смотрим, какие зоны и цвета проявляются на бумаге. Каждый цвет и каждая зона отражают определённый аспект: способность почвы удерживать воду и воздух, состояние органического вещества, общую биологическую активность.

Это не замена химическому анализу, а его дополнение. Вместе они дают гораздо более полную картину. Например, зелёные зоны на хроматограмме говорят о хорошем балансе воды и воздуха — а значит, о благоприятных условиях для развития корней и микроорганизмов. Красные круги указывают на процессы гумификации, на образование стабильного органического вещества. И когда мы видим, как эти зоны меняются год от года, мы понимаем, движется ли почва к восстановлению или, наоборот, деградирует.

Ещё один метод — сканирование почвы с помощью магнитных полей. Он позволяет оценить содержание органического вещества и уровень биологической активности в разных точках поля. И здесь мы сталкиваемся с ещё одной важной истиной: почва неоднородна. Каждый квадратный метр уникален. Нельзя сделать один анализ на 50 гектаров и считать, что вы знаете всю картину. Именно поэтому современные подходы требуют точечного мониторинга и учёта микрозон.

Реальный кейс: когда цифры не говорят всей правды

Один из самых ярких примеров, который я до сих пор вспоминаю, связан с молочным фермером в Нидерландах. Четыре года подряд он почти не мог вырастить траву на своём поле. Срезал максимум полторы-две травинки в год, регулярно проводил анализы, обращался в научные институты — но никто не мог найти причину.

На первый взгляд, почва выглядела нормально: pH в пределах нормы, содержание органического вещества — около 7,5 %, уровни кальция и магния даже казались высокими. Но хроматический анализ показал совсем другую историю. Баланс воды и воздуха был нарушен, процессы гумификации шли крайне слабо. Почва «задышалась».

Мы применили ряд мер, направленных на восстановление биологической активности, и уже через год картина начала меняться. Хроматограммы показывали более развитые зелёные зоны, красные круги становились ярче — это означало, что процессы образования гумуса активизировались. Параллельно мы отслеживали изменения с помощью химического анализа и GPS-мониторинга, чтобы видеть динамику в одних и тех же точках.

И результат не заставил себя ждать. Через год фермер смог косить траву уже шесть раз за сезон. А когда пришла очень влажная зима, мы боялись, что анаэробные условия снова нарушат работу почвы. Но этого не произошло. Почва справилась, потому что её структура и биология были восстановлены.

Этот пример наглядно показывает: увеличение содержания органического вещества само по себе не гарантирует плодородие. Важно, чтобы это вещество работало — участвовало в циклах, питало биологию, высвобождало минералы. Органическое вещество должно быть функциональным, а не просто «числиться» в отчётах.

Ризосфера: невидимый щит растений

Теперь давайте заглянем ещё глубже — в ризосферу, зону вокруг корней. Это, пожалуй, одно из самых удивительных мест в почве. Здесь происходит настоящий диалог между растением и микроорганизмами. Корни выделяют сахара, аминокислоты, фенолы — всё это служит пищей для бактерий и грибов. Взамен они получают защиту от патогенов, помощь в усвоении минералов и даже сигналы о стрессовых условиях.

Ризосфера — это связующее звено между растением и почвой. Именно здесь минералы, которые были «заперты» в частицах почвы, становятся доступными для растений. Именно здесь бактерии и грибы производят кислоты, которые растворяют горные породы, высвобождая новые порции питательных веществ. И именно здесь формируется устойчивость растений к засухе, жаре, наводнениям и другим стрессам.

Важно понимать, что этот баланс нельзя нарушить без последствий. Борьба с «вредными» грибами и бактериями с помощью химии часто приводит к обратному эффекту: мы уничтожаем не только патогены, но и полезную микрофлору, нарушая естественные механизмы защиты. Вместо этого регенеративное земледелие предлагает работать с симбиозом: создавать условия, при которых полезные микроорганизмы могут доминировать, а патогены — оставаться в меньшинстве.

Особенно важную роль здесь играют микоризные грибы. Они образуют сеть тончайших гиф, которые проникают в микропоры, куда корни растений просто не могут добраться. Благодаря этому растения получают доступ к воде и минералам даже в условиях засухи. Микориза помогает добывать питательные вещества на большой площади, буквально «вытягивая» их из камней и песка. И это не преувеличение: гифы настолько тонкие, что могут проникать в мельчайшие трещины, обнажая минералы там, где крупные корни бессильны.

Углерод как энергия системы

Если биология — это двигатель почвы, то углерод — его топливо. Растения фиксируют углерод из атмосферы в процессе фотосинтеза. Часть его идёт на рост и формирование плодов, часть откладывается в виде резервов (клубней, семян), а примерно треть возвращается в почву в виде корневых выделений и органических остатков.

Именно этот углерод питает почвенную биологию. Без постоянного притока энергии микроорганизмы не могут выполнять свою работу: разлагать органику, образовывать гумус, высвобождать минералы. Поэтому одна из главных задач регенеративного земледелия — не просто добавлять органическое вещество, а обеспечивать его постоянное обновление.

Здесь важно правильно выбирать источники углерода. Компост, навоз, бокаши — все они имеют свои плюсы и минусы. Но нужно понимать, что процессы, происходящие в куче компоста или в ферментированной массе бокаши, сильно отличаются от тех, что идут в почве. Высокие температуры, термофильные бактерии, интенсивное выделение CO_2 — всё это не характерно для естественной почвенной среды.

Поэтому я сторонник более щадящих подходов: внесения органических материалов поверхностно, использования сидератов, мульчирования. Так мы не нарушаем сложившийся баланс, а лишь подпитываем его, позволяя самой почве задавать темп переработки.

Особое внимание стоит уделить углеродным «колодцам» — долгосрочным запасам углерода в виде стабильного гумуса. Они формируются медленно, но именно они определяют устойчивость почвы к стрессам и её способность поддерживать плодородие в долгосрочной перспективе.

Микроэлементы и скрытые процессы

Мы привыкли делить питательные вещества на «основные» и «микроэлементы», но в природе такого деления не существует. Для почвенной биологии и для самих растений важны все элементы — от азота до редких минералов, о существовании которых мы, возможно, даже не подозреваем.

Например, доступность кремния или бора может влиять на прочность клеточных стенок и устойчивость к болезням. А некоторые микроэлементы участвуют в ферментативных реакциях, без которых невозможны базовые процессы жизнедеятельности. Поэтому подход, при котором мы фокусируемся только на NPK, неизбежно приводит к дисбалансу.

Более того, соотношение элементов в почве не является статичным. Оно меняется в зависимости от активности микроорганизмов, от pH ризосферы, от наличия органических кислот

и других факторов. Растение само может регулировать pH вокруг своих корней, чтобы сделать определённые минералы более доступными. Это динамический процесс, и именно поэтому «жёсткие» нормы внесения удобрений часто не работают.

Практические выводы и что делать дальше

Что же мы можем вынести из всего этого? Во-первых, плодородие почвы — это не сумма химических показателей, а результат сложного взаимодействия физических, химических и биологических факторов. Во-вторых, стандартные анализы дают лишь часть информации, и их нужно дополнять методами, оценивающими функциональность почвы. В-третьих, восстановление почвы — это процесс, требующий времени и терпения. Нельзя «залить» её удобрениями и ждать мгновенного результата.

Для студентов-биологов это особенно важно понимать: ваша будущая работа будет связана не только с теорией, но и с практическими решениями, которые должны учитывать всю сложность экосистемы. Регенеративное земледелие — это не набор готовых рецептов, а подход, основанный на наблюдении, анализе и адаптации.

Вот несколько практических шагов, с которых можно начать:

Проведите комплексный анализ почвы: химический, хроматический, при возможности — сканирование. Сравните результаты и посмотрите, где есть расхождения.

Оцените структуру почвы: обратите внимание на форму агрегатов, на линии разлома. Закруглённые края — признак активной почвенной жизни, угловатые — сигнал о проблемах.

Изучите ризосферу: при наличии микроскопа посмотрите на корни растений, оцените наличие микоризы и других симбиотических структур.

Планируйте внесение органических материалов: выбирайте источники углерода, которые минимально нарушают естественную биологию почвы.

Следите за динамикой: повторяйте анализы в одних и тех же точках, чтобы видеть, как меняется состояние почвы со временем.

Николь Мастерс, социальный эколог.

«Почва — наше общее сердце»

«...Знаете, иногда я ловлю себя на мысли: если бы мне пришлось выбрать одну вещь, которую я хочу, чтобы запомнили студенты, изучающие биологию и экологию, это было бы простое утверждение: почва — это не просто земля под ногами. Это живая, дышащая, чувствующая система, без которой не было бы ни нас, ни еды, ни самой идеи «урожая». И сегодня я хочу рассказать вам эту историю так, как она сложилась у меня самой — от детского любопытства до профессионального понимания того, насколько глубоко переплетены здоровье человека и здоровье почвы.

Моё знакомство с почвой началось задолго до того, как я узнала слово «микробиом». Мне было совсем мало лет, и я ещё не умела произносить сложные термины. Зато я умела ползать по саду, собирать улиток и искренне верить, что это самое важное занятие на свете. Мои родители до сих пор смеются, вспоминая, как нашли меня где-то в глубине сада, полностью поглощённой этим маленьким миром. Бабушка рассказывала, что я была той самой любопытной девочкой, которая в шесть лет уже знала слово «эрозия» — и не просто знала, а использовала его в разговоре, потому что видела, как дождь смывает землю с дорожек. Тогда это казалось забавным. Сейчас я понимаю: это был первый сигнал о том, что меня тянет к пониманию процессов, которые формируют ландшафт и определяют, где и как может жить всё живое.

С годами это детское любопытство превратилось в профессиональный интерес. Я стала социальным экологом и системным мыслителем, и моя работа — помогать фермерам и производителям по всему миру учиться работать с природными системами. Не против них, не вопреки им, а вместе с ними. Мы ищем способы улучшить круговорот питательных веществ, сократить зависимость от импорта и, в конечном счёте, вернуть продуктам питания то качество, которое когда-то считалось нормой. И чем глубже я погружалась в эту тему, тем яснее становилось: всё начинается с почвы.

Давайте на минуту задумаемся о самом слове «человек». Оно происходит от того же корня, что и «гумус» — та самая тёмно-коричневая, шоколадная субстанция, которая придаёт верхнему слою почвы жизнь. Это не просто лингвистическая случайность. Это отражение глубокой связи: мы вышли из земли, и земля продолжает нас кормить. В разных культурах есть мифы о сотворении человека из глины — от шумеров до маори. И знаете, что удивительно? Современная наука подтверждает, что в определённых типах глины, при правильных химических реакциях и в подходящей среде, могут формироваться строительные блоки жизни — например, РНК. Получается, что идея о происхождении из глины не так уж далека от научной истины.

Теперь давайте перенесёмся от мифов к микробам. Вы когда-нибудь задумывались, сколько микробов живёт в вашем теле? Последние исследования показывают, что на 37 триллионов человеческих клеток приходится около 100 триллионов бактериальных. Это значит, что по количеству клеток мы скорее «бактериальные существа», чем чисто человеческие. И эти микробы не просто сидят внутри нас — они активно участвуют в нашей жизни: помогают переваривать пищу, вырабатывают витамины, влияют на настроение и даже на поведение. Например, до 90 % серотонина, который часто называют «гормоном счастья», производится в кишечной системе. И это напрямую связано с тем, какие микробы там живут.

А теперь самое интересное: те же самые принципы работают и в почве. Почва — это такой же микробиом, только масштаб другой. В ней живут бактерии, грибы, простейшие, нематоды — целые экосистемы, которые взаимодействуют друг с другом и с растениями. Растения не могут пойти в магазин за едой, поэтому они «платят» своим микробам сахаром — углеводами, которые производят в процессе фотосинтеза и отправляют вниз по корням. Это своего рода

валюта: растение говорит микробам: «Вот вам сахар, а вы дайте мне питательные вещества, ферменты и защиту от патогенов». И если этот обмен нарушается — например, из-за чрезмерного использования химикатов или разрушения структуры почвы, — страдает вся система.

Один из самых ярких примеров того, насколько тесно связаны здоровье человека и здоровье почвы, — это так называемый «эффект фермы». Исследования показывают, что дети, выросшие на фермах, часто имеют более устойчивую иммунную систему и реже страдают от аутоиммунных заболеваний. Почему? Потому что они с раннего возраста контактируют с разнообразной микробиотой: играют в грязи, помогают ухаживать за животными, исследуют природу. Этот контакт «прививает» им полезные микроорганизмы и тренирует иммунную систему. То же самое происходит и в почве: разнообразие микробов делает её устойчивой к стрессам, болезням и изменениям климата.

Но что мы делаем вместо того, чтобы поддерживать это разнообразие? Мы используем антибиотики, гербициды, тяжёлые металлы, антибактериальное мыло. Мы стремимся к стерильности, забывая, что жизнь строится на взаимодействии с микробами. И результаты этого подхода видны повсюду: от роста хронических заболеваний у людей до снижения питательной ценности продуктов. Например, с 1940-х годов содержание питательных веществ в нашей пище снизилось примерно на 60 %. Частично это связано с генетикой и селекцией, но значительная часть проблемы — в деградации почв и потере их биологического разнообразия.

Чтобы лучше понять масштаб проблемы, я люблю использовать одну простую метафору: представьте яблоко, которое символизирует планету Земля. Кожура этого яблока — это верхний плодородный слой почвы. Если разрезать яблоко на четыре части, три из них будут представлять океаны — земли, на которой мы не можем выращивать пищу. Оставшаяся четверть — это вся суша. Но и здесь не всё так просто: половина этой суши — это слишком крутые склоны, пустыни, ледники, города и дороги. В итоге остаётся совсем небольшой кусочек — тот самый слой почвы, который кормит всё человечество. И этот слой невероятно тонкий: часто всего несколько сантиметров. Но именно в нём сосредоточена вся магия жизни.

Как же мы можем восстановить эту магию? Один из подходов — работать с биологическими системами, а не пытаться их заменить химическими решениями. Например, вместо того чтобы просто добавлять удобрения, можно стимулировать активность почвенных микробов. Компостные экстракты, вермикаст (продукт жизнедеятельности дождевых червей), правильно приготовленные настои из растений — всё это помогает вернуть почве здоровье. Важно понимать, что не существует универсального рецепта: то, что работает на одном поле, может не сработать на другом. Всё зависит от контекста: типа почвы, климата, выращиваемых культур и даже истории этого участка.

Ещё один важный момент — это понимание сигнальных процессов в почве. Микроорганизмы общаются друг с другом с помощью молекул, которые передают информацию о состоянии среды. Это похоже на то, как клетки в нашем организме обмениваются сигналами для поддержания гомеостаза. Например, дефицит бора в почве может нарушить передачу сигналов между корнями и микробами, что приведёт к проблемам с опылением или гнилью плодов. И здесь снова видна параллель с человеческим организмом: недостаток определённых микроэлементов может вызывать серьёзные нарушения в работе целых систем.

Я часто говорю своим студентам: «Не полагайтесь только на лабораторные тесты. Да, они важны, но не менее важны ваши глаза и интуиция». Визуальные наблюдения — это 90 % диагноза. Посмотрите на структуру почвы: она рыхлая или плотная? Есть ли в ней ходы дождевых червей? Какие сорняки растут на этом участке? Сорняки — это не враги, а индикаторы. Они показывают, чего не хватает почве. Например, если в сорняках содержание цинка в 10 раз выше, а бора — в 40 раз выше, чем в культурных растениях, это сигнал о дефиците этих элементов в почве.

И, наконец, я хочу поговорить о будущем. Мы живём в эпоху, когда понимание микробиомов — и человеческих, и почвенных — становится ключевым для решения глобальных проблем: от продовольственной безопасности до борьбы с хроническими заболеваниями. И студенты биофаков, такие как вы, стоят на передовой этого знания. Ваша задача — не просто запоминать факты, а учиться видеть взаимосвязи, задавать правильные вопросы и искать решения, которые будут работать в долгосрочной перспективе.

Когда я думаю о том, как передать это знание дальше, я вспоминаю одну простую мысль: разнообразие ведёт к стабильности. Чем больше видов живёт в почве, тем устойчивее она к стрессам. Чем разнообразнее наш рацион, тем здоровее наш микробиом. И чем разнообразнее наши подходы к земледелию, тем больше шансов создать систему, которая будет кормить будущие поколения.

Так что в следующий раз, когда вы будете идти по земле, остановитесь на минуту и подумайте: под вашими ногами — целая вселенная. Вселенная, которая дышит, общается, учится и адаптируется. И наша задача — научиться слушать её и работать вместе с ней.



Грэм Сэйт. Живая почва — основа регенеративного земледелия»

«...Знаете, когда я впервые всерьёз задумался о том, что такое настоящая наука о земле, я открыл словарь Вебстера и прочёл простое определение: наука — это следование естественным законам и принципам. И тогда я задал себе вопрос: а какой центральный принцип у самой природы? После долгих лет работы в полях, разговоров с фермерами, наблюдений за почвой и растениями я пришёл к одному ясному выводу: главный принцип — биоразнообразие. Чем его больше, тем устойчивее и продуктивнее система. Это не просто красивая фраза, а фундаментальный закон, который работает везде — от крошечного клочка земли до огромных агроландшафтов.

Когда мы решили пойти по пути монокультуры — посадить на огромном поле только одну культуру, будто бы упростив себе жизнь, — мы на самом деле сильно ошиблись. Каждое растение питает свою уникальную группу организмов, перекачивает и отдаёт в почву не только глюкозу, но и целый спектр веществ, которые становятся пищей для микробов, грибов, простейших. У каждого растения свои потребности и свой «вклад» в почвенную жизнь. Банановая культура, например, нуждается в марганце, и, отдавая глюкозу вместе с другими соединениями, она фактически кормит те микроорганизмы, которые способны этот марганец мобилизовать и сделать доступным. Получается, что биологическое разнообразие над землёй напрямую определяет биологическое разнообразие под землёй. Больше разнообразия наверху — больше разнообразия внизу, а значит, выше защитная способность почвы, лучше доставка минералов, активнее фиксация азота.

Я видел, как монокультура хлопка годами истощала поля. Фермеры добавляли фосфор и цинк, но ничего не менялось. Проблема была не в нехватке элементов, а в том, что мы уничтожили микробные и грибные сообщества, на которых держалась вся система. Хлопок, как и любое другое растение, полностью зависит от микробиома. Без него он уязвим, а попытки выращивать его на гидропонике лишь подтверждают, насколько глубоко растение связано с почвенной жизнью. То, что мы привыкли называть «болезнью» культуры, зачастую — следствие нарушения этой связи. Например, так называемая «болезнь длинных подушек» сегодня всё чаще проявляется как расстройство, вызванное глифосатом — одним из самых распространённых гербицидов, который наносит удар по микробам и грибам.

Давайте честно: химия, которую мы десятилетиями вносили в поля, не просто убивала сорняки — она разрушала целые экосистемы. И сейчас мы обнаруживаем, что длительное выделение растениями химических веществ (в том числе в корни) влияет на микоризные грибы. Это не мгновенный эффект, а медленное, но системное ослабление почвы. Поэтому вопрос, который должен стоять перед каждым агрономом и биологом, звучит так: как нам восстановить эти живые сети?

Самый простой способ — вернуть в почву споры грибов. Если вы работаете на пастбище или на большом поле, можно внести споры в виде порошка, добавив немного жидкости, обработать семена — и уже за 7 долларов с гектара вы запустите процесс. Споры будут «перескакивать» с одного растения на другое, постепенно распространяясь по территории. Для садовых культур достаточно окунуть саженец в воду со спорами, для рассады — поместить лоток с сеянцами в раствор до прекращения пузырения: это всего несколько секунд, но этого хватает для колонизации. Так вы получаете живую защиту на весь сезон — если, конечно, снова не убьёте эти организмы очередной дозой химии.

Покровные культуры — ещё один мощный инструмент. Овёс и малиновый клевер, например, не только полезны для скота, но и служат отличной пищей для микоризных грибов. Исследования доктора Венди Тахаре из США показывают, что такие культуры стимулируют

развитие почвенного микробиома и помогают поддерживать его даже после внесения спор. Это как дать «рабочей силе» хороший обед: они будут активнее работать, лучше защищать растения и эффективнее доставлять питательные вещества.

Теперь давайте посмотрим на водоросли. Да, это не растения, но они фотосинтезируют и производят сахара, которые становятся частью почвенной пищевой сети. Если мы исключаем водоросли из уравнения, мы ставим под угрозу основную «рабочую силу» почвы. Более того, некоторые водоросли фиксируют азот, выделяют вещества, питающие грибы и бактерии, и даже производят липкие соединения, которые участвуют в формировании структуры почвы.

Структура почвы — это вообще отдельная история.

Самая желанная структура — так называемая «структура крошки»: крошечные агрегаты, скреплённые биологическими выделениями. Бактерии выделяют слизистые вещества, грибы оплетают частицы, формируя более крупные агрегаты. В результате получается идеальная среда: вода впитывается, минералы удерживаются, корни свободно растут. Один из важнейших показателей здесь — инфильтрация: способность почвы принимать и удерживать каждую каплю дождя. И ключ к этому — именно биология. Без грибов и бактерий создать такую структуру невозможно.

А теперь — о бактериях. чайной ложке почвы — миллиарды, а в горсти — больше, чем население всей планеты. В верхних шести дюймах хорошей почвы их может быть до двух с половиной тонн — это как пять крупных коров, только невидимых. И они работают на нас каждый день. Есть кокки, бациллы, спиральные формы; есть аэробные и анаэробные организмы. Анаэробы, например, процветают на уплотнённых почвах и при плохом дренаже, и именно они могут вырабатывать сероводород и масляную кислоту — те самые запахи, которые сигнализируют о нездоровой почве. Если вы чувствуете запах тухлых яиц в загоне или на участке — это тревожный знак: анаэробные процессы вышли из-под контроля, и растениям в таких условиях будет плохо.

Простейшие — ещё одно звено этой цепи. Инфузории, амёбы, жгутиковые — они питаются бактериями, регулируют их численность и минерализуют питательные вещества, делая их доступными для растений. Соотношение углерода к азоту у простейших — примерно 30:1, и это важно учитывать, когда мы думаем о балансе в почве. Без достаточного количества органического вещества (источника углерода) бактерии не смогут нормально функционировать, а это ведёт к потере гумуса и снижению плодородия. Именно поэтому нельзя вносить азотные удобрения без источника углерода: это нарушает баланс и в конечном счёте вредит почве.

Триходерма — ещё один герой нашей истории. Этот гриб борется с патогенами, переваривает целлюлозу и помогает формировать стабильный гумус. Он выделяет кислоты, которые делают фосфор доступным для растений, и производит гормоны, стимулирующие рост корней. Более того, триходерма совместима со многими другими полезными организмами, поэтому её часто используют в комплексе с бактериальными препаратами. Я видел, как применение триходермы и бацилл вместе с фульвокислотами и даже простыми домашними средствами (например, сухим молоком и патокой) помогало справляться с мучнистой росой и другими болезнями без фунгицидов. И это не магия, а работа с живой системой.

Ещё один важный момент — гуминовые и фульвокислоты. Они не просто «удобрения», а природные регуляторы. Фульвокислота повышает проницаемость клеточных мембран, помогая растениям лучше усваивать питательные вещества. Гуминовая кислота, напротив, крупнее и не вымывается из почвы: она стабилизирует минералы, предотвращает выщелачивание нитратов и даже помогает буферизовать избыток натрия. Вместе они образуют мощный инструмент для управления плодородием. Например, соединение гуминовой кислоты с мочевиной позволяет стабилизировать азот, снизить его потери и повысить эффективность использования.

Минералы тоже играют свою роль. Кальций и диоксид кремния укрепляют клеточные стенки растений, делая их менее уязвимыми для болезней и вредителей. Бор — ещё один ключевой элемент: без него кальций не работает должным образом. И при этом бор — один из самых легковымываемых микроэлементов, поэтому его нужно не просто вносить, а стабилизировать с помощью гуминовых веществ.

И, наконец, самое главное: регенеративное земледелие — это не про жертвы. Это про работу с системой, а не против неё. Когда вы начинаете понимать, что каждое ваше действие влияет на живую почву, вы начинаете принимать решения, которые улучшают систему, а не разрушают её. И это приносит не только экологические, но и экономические выгоды. Фермеры, которые переходят на регенеративные практики, часто отмечают снижение затрат на удобрения и средства защиты растений, повышение устойчивости к засухам и болезням, а также рост урожайности и качества продукции.

Для меня лично работа с живой почвой — это ещё и вопрос благополучия. Запах здоровой почвы, который создают актиномицеты, не просто приятен: исследования показывают, что он может стимулировать выработку серотонина, улучшая настроение и общее самочувствие. Возможно, именно поэтому многие фермеры, работающие с регенеративными методами, говорят, что чувствуют себя лучше, когда трудятся на земле.

Сейчас я управляю несколькими фермами, в том числе большой яблочной, где раньше 43 года подряд использовали химикаты. За один сезон мы отказались от них, начали восстанавливать микробиом, работать с покровными культурами и биопрепаратами — и уже видим результаты: деревья стали здоровее, урожай — качественнее, а почва — живее. Да, поначалу многие считали это безумием, но цифры и результаты говорят сами за себя.

Регенеративное земледелие — это не просто набор приёмов. Это смена парадигмы: от реактивной модели, основанной на страхе и «тушении пожаров», к проактивной, где вы строите устойчивую систему, работающую на вас. И эта смена начинается с понимания того, что почва — это живая среда, где миллиарды организмов каждый день трудятся ради того, чтобы растения росли, а мы могли получать пищу.

Так что, если вы студент биофака и думаете, какую область выбрать для своей научной работы, обратите внимание на почвенную биологию и регенеративные практики. Здесь ещё столько неизученного, столько возможностей для открытий — и столько пользы для планеты и людей.

Kyle Kaszynski У Элейн Ингхэм «Грибы — невидимые архитекторы почвы: взгляд изнутри»

Знаете, когда я впервые услышал термин «микроагроном», внутри будто что-то щёлкнуло. Да, именно так я и ощущаю себя — будто стою на стыке науки и практики, присматриваясь к тем, кто работает в почве тихо, незаметно, но невероятно мощно. И в первую очередь речь, конечно, о грибах.

Я не из тех, кто романтизирует науку ради красивых слов. Но когда ты годами смотришь в микроскоп, когда видишь, как тончайшие нити мицелия оплетают корни, как они буквально «прощупывают» каждый миллиметр субстрата в поисках питательных веществ, сложно не проникнуться. Для меня грибы — это не просто объект изучения, это союзники в регенеративном земледелии. И сегодня я хочу провести вас по этому пути — от первых шагов в науке до практических решений, которые можно применять прямо сейчас.

Моё знакомство с этой темой началось в аспирантуре в Висконсине, под руководством профессора Тома Волка — человека, который умел видеть в мельчайших деталях глобальные закономерности. Моя диссертация была посвящена поиску устойчивых субстратов для выращивания вешенки. Казалось бы, узкая тема. Но именно она открыла мне глаза на то, насколько глубоко грибы интегрированы в экосистемы и как много мы можем у них «позаимствовать» для сельского хозяйства.

После учёбы я переехал на северо-запад Тихого океана. Там я окунулся в индустрию удобрений — и поначалу это казалось странным поворотом. Я ведь изучал растения и грибы, а тут — коммерческие продукты, сертификаты, полевые тесты. Но со временем я понял: этот опыт был необходим. Он дал мне возможность увидеть, как наука сталкивается с практикой, как теории проверяются на реальных полях. Я получил сертификат Американского агрономического общества как консультант по растениеводству, а позже — сертификат школы Soil Food Web, где научился оценивать биологию почвы с помощью микроскопа. Это был важный шаг: я перестал смотреть на почву как на «субстрат», а начал видеть в ней живую, динамичную систему.

И вот теперь, когда я провожу тесты почвы и тканей растений, я каждый раз напоминаю себе: наша цель — не просто повысить урожайность, а сделать систему более устойчивой. А устойчивость, как я убедился, начинается с разнообразия.

Давайте начнём с самого главного: что такое грибы и почему их так часто путают с другими организмами?

Грибы — это эукариоты, то есть у них есть настоящее ядро и мембранные органеллы. Но при этом они не растения и не животные. Да, раньше их изучали вместе с растениями — из-за того, что и те, и другие «сидят» на месте. Но на самом деле грибы ближе к животным, чем к растениям. И дело не только в генетике: даже на клеточном уровне есть поразительные различия. Например, клеточная стенка грибов состоит из хитина, а у растений — из целлюлозы. Это не просто биохимическая деталь: это ключ к пониманию того, как грибы взаимодействуют с растениями, как они могут помогать или, наоборот, становиться патогенами.

Ещё один важный момент: грибы — гетеротрофы. Они не могут, как растения, синтезировать органические вещества из неорганических с помощью фотосинтеза. Вместо этого они выделяют ферменты прямо из растущего кончика гифы — тонкой нити, из которой состоит мицелий. Эти ферменты расщепляют сложные органические молекулы на простые, а затем гриб всасывает их. Это, как если бы вы не ели стейк, а сначала «растворили» его снаружи, а потом впитали питательные вещества. Звучит странно? Но именно так грибы получают энергию. И именно эта особенность делает их незаменимыми в разложении органики и круговороте веществ в почве.

Теперь давайте посмотрим, какие формы жизни могут принимать грибы. Есть одноклеточные формы — дрожжи. Они размножаются почкованием и способны очень быстро колонизировать новые среды. А есть нитевидные грибы, образующие мицелий из гиф. Некоторые грибы могут быть диморфными — расти и как дрожжи, и как нити, в зависимости от условий. Это ещё раз напоминает нам: грибы не любят укладываться в жёсткие рамки. Они существуют в спектре форм и стратегий выживания.

Но тут важно не ошибиться. Есть организмы, которые внешне похожи на грибы, но ими не являются. Например, слизевики — это амёбы, а не грибы. Или ложная мучнистая роса — это водяная плесень, а не настоящий гриб. Даже некоторые нитевидные бактерии могут напоминать грибные гифы, но они гораздо мельче и устроены иначе. Умение отличать настоящие грибы от «грибоподобных» организмов — ключевой навык для любого, кто хочет работать с почвенной биологией.

Где мы вообще можем встретить грибы? Практически везде: в почве, воздухе, воде, на поверхности и внутри других организмов. У нас есть даже свой микобиом — сообщество грибов, живущих на коже и внутри тела. В растениях грибы тоже повсюду: на листьях, корнях, внутри тканей. И в каждом из этих мест они играют свою роль.

В почве грибы выполняют несколько ключевых функций. Во-первых, они разлагают органику — и это не просто «переработка отходов». Это способ вернуть питательные вещества в доступную для растений форму. Во-вторых, многие грибы образуют микоризу — симбиотическую ассоциацию с корнями растений. Микоризные грибы помогают растению усваивать воду и минералы (особенно фосфор), а взамен получают углеводы. Это классический пример взаимовыгодного сотрудничества, который лежит в основе регенеративного земледелия.

Есть и другие стратегии. Сапрофитные грибы питаются мёртвой органикой. Эндофитные грибы живут внутри тканей растения, не причиняя ему вреда, а иногда даже защищая от патогенов. А патогенные грибы, как ни странно, тоже выполняют свою экологическую функцию — они отсеивают слабые особи, поддерживая естественный отбор.

Особенно интересна группа грибов-нематофагов. Они буквально охотятся на нематод — мелких червей, которые могут повреждать корни растений. Некоторые из них образуют специальные петли, в которые попадают нематоды. Это природный механизм биоконтроля, который мы можем использовать в сельском хозяйстве вместо химических препаратов.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.