

Меркурий Гиляров, Дмитрий Криволицкий

ЖИЗНЬ В ПОЧВЕ

Часть 2

Москва ИЛКО 2013 год

СОДЕРЖАНИЕ

Тип почвы и животный мир
Зоологическая диагностика почв
Зоологическая мелиорация почв
Влияние дождевых червей на почву
Расселение дождевых червей
Интродукция дождевых червей в СССР
Интродукция дождевых червей за рубежом
Интродукция навозников для мелиорации пастбищ
Зоологические методы компостирования отходов
Агроценозы сегодня и завтра
Диалектика плодородия
Фундамент аграрного цеха
Земельные ресурсы
Осторожно: горизонт плодородия
Экология и управление биосферой
Агроценология - это актуально
Борьба с вредителями - проблема экологическая
Управляемое плодородие
Агроценоз построен человеком
Почвенные животные предупреждают об опасности
Почвенная фауна и миграция нуклидов
Радиоактивное загрязнение среды и жизнь в почве
Заключение.

Тип почвы и животный мир

Какова же связь почвенной фауны с тем или иным типом почвы? Как изменяется в разных зонах почвообразующая деятельность животных?

Известно, что, прокладывая ходы, они увеличивают количество скважин, делают почву более проницаемой для воды и воздуха, для растущих корней растений. Затаскивая растительные остатки в свои норки и оставляя в ходах экскременты, животные способствуют более глубокому распределению органических остатков, гумуса.

Но совершенно ясно, что эта деятельность не может быть одинаковой в тундре и субтропиках, в тайге, в пустынях.

На этом следует остановиться подробнее.

Тундра. Арктическая и тундровая зоны тянутся непрерывной широкой полосой по северу нашей страны от Кольского полуострова до Камчатки, спускаясь далеко к югу по Уралу и горам Сибири.

В тундре образуются особые торфяно-глеевые почвы, верхний горизонт которых представлен моховым торфом, а под ним залегает вязкий синеватый глеевый горизонт. Синеватый оттенок вызван тем, что при избыточном увлажнении почв и недостатке кислорода образуется минерал голубоватого цвета (вивианит). Встречаются в тундре и луговые почвы - под злаками и другими цветковыми растениями. Эти почвы прокрашены гумусом, но в нижней части профиля тоже оглеены.

Животный мир тундровых почв чрезвычайно беден.

Иначе и быть не может: теплый период здесь короток, так что многие животные не успевают за лето завершить свое развитие, вырастить новое поколение. Другим здесь холодно: они могут вымерзнуть зимой, да и летом почва холодная, не всегда оттаивает, а огромные пространства заняты вечной мерзлотой. В тундре мало дождевых червей, мало и особей и видов, а за Уралом до Тихого океана в тундровых почвах живет лишь один вид червей эйсенция норденшельди, названный так в честь знаменитого исследователя Севера А. Норденшельда, который во время своих путешествий собирал и почвенных животных. В тундре нет многоножек-кивсяков, нет длинных хищных многоножек - геофилов, нет многого другого. Но те, кто все же приспособился к жизни в условиях короткого северного лета и длинной холодной зимы, могут размножаться в больших количествах. Таковы личинки мух, комаров-долгоножек, мелкие черви - энхитреиды, а на юге тундры дождевые черви.

Почвенные животные тундры живут около или непосредственно на самой поверхности почвы, в мхово-лишайниковой дернине. Поэтому при их небольшой биомассе порядка 1-10 граммов на квадратный метр и низкой биологической продуктивности тундра привлекает летом многих насекомоядных птиц - корм здесь им очень удобно собирать. Но мало в тундре лишь крупных беспозвоночных. Микрофауна здесь достаточно богата, и численность ее значительна. Это, кстати, относится и к субантарктическим островам, и даже к немногим "оазисам" в Антарктиде. Очевидно, микроорганизмы, особенно их яйца, разносятся вместе с пылью ветрами. Благодаря специальным ловушкам на самолетах удалось обнаружить представителей микрофауны почвы в составе "аэриального планктона" (то есть среди взвешенных в воздухе пылинок) на высоте почти 5 километров.

Из млекопитающих заметное влияние на почву оказывают лемминги и полевки. Эти грызуны прокладывают зимой ходы в моховой дернине и торфяном слое, выедавая иногда всю растительность на значительных участках. Относительно меньшее значение имеют песцы, которые делают глубокие норы со многими выходами, чем способствуют более быстрому и глубокому оттаиванию грунта.

Экскременты песцов и земля, которую они выбрасывают из нор, сильно изменяют почву и растительность около нор.

Отсутствие многих групп животных, перерабатывающих растительный опад, при крайне низкой численности других почвообразователей приводит к накоплению слоя мертвых растительных остатков и образованию торфа.

Почвенные животные в тундре заселяют почву на очень небольшой глубине. В основном они обживают тонкий слой почвы (2-3 сантиметра) и мохово-лишайниковую дернину. Связано это с недостатком тепла и слабым прогреванием почв.

Простота сообществ почвенных организмов и малочисленность среди них хищных животных (вместе с достаточной влажностью почв) создают благоприятные условия для развития множества личинок двукрылых: комаровзвонцов, слепней, мокрецов. Взрослые стадии некоторых, из них образуют так называемый гнус - бесчисленное множество кровососов, не дающих летом покоя ни человеку, ни животным.

Сельское хозяйство развивается в тундрах только у южной их окраины. Пахота в этих местах приводит к исчезновению всего комплекса обитателей естественных почв, ибо, как мы уже отмечали, эти животные обитают в подстилке и самом верхнем горизонте почвы, при пахоте подвергающихся наибольшему воздействию. На пахотных землях возрастает численность червей и некоторых личинок насекомых, увеличивается глубина их проникновения в почву (до 40 сантиметров) из-за лучшего дренажа, прогревания и аэрации почв.

Леса умеренного пояса... В лесных почвах животное население особенно многочисленно, хотя даже в пределах умеренного пояса заметно различается в отдельных районах. Обычны здесь дождевые черви, энхитреиды, личинки насекомых, многоножки, мокрицы, разнообразна микрофауна, широко распространены кроты.

Для подзолистых почв северной тайги характерно, что под подстилкой сразу залегает осветленный подзолистый горизонт. Снизу он граничит с горизонтом, в который проникают железо, гумус, илестые частицы.

Дерново-подзолистые почвы встречаются в южной тайге, они очень похожи на подзолистые, но сразу под подстилкой у них образуется гумусовый горизонт мощностью более 5, а нередко и до 15-20 сантиметров.

Южнее, в зоне широколиственных лесов, дерново-подзолистые почвы сменяются серыми лесными, которые отличаются еще большей мощностью гумусового горизонта - от 15 до 40 сантиметров и специфической ореховатой структурой. При движении с севера на юг подзолистый горизонт постепенно исчезает.

Состав почвенного населения лесов зависит от характера гумуса. Там, где гумус мягкий (муль) и опад быстро разлагается и перемешивается, подстилка незначительна или отсутствует, а гумусовый горизонт достигает заметной

мощности, отмечается обилие дождевых червей, кивсяков, мокриц, энхитреид и разнообразных личинок насекомых.

Общая биомасса их в буковых лесах Дании достигала на один квадратный метр 70-100 граммов, в СССР в богатых почвах сложных сосняков 52-65, в дубравах лесостепи около 100, а в дубравах Тульской области вес одних лишь дождевых червей достигает 81 грамма. В таких почвах обильна и микрофауна, хотя по массе заметно уступает мезофауне.

Иначе обстоит дело в лесах с грубым гумусом (мором), где на поверхности долгое время сохраняется мощный слой подстилки. Такие почвы населены по преимуществу мелкими организмами, особенно микроартроподами, энхитреидами, а из мезофауны - личинками двукрылых, дождевыми червями, кивсяками. Две последние группы, как и личинки жуков, в почвах с грубым гумусом представлены слабо.

Общий уровень биомассы животных в почвах с грубым гумусом невысок, хотя численность микроорганизмов значительна (микроартропод может приходиться до 1 миллиона на квадратный метр). В Бельгии биомасса беспозвоночных в грубогумусных почвах едва достигает 30 граммов на квадратный метр против 100 граммов в почве с мягким гумусом. В нашей стране биомассу животных в почвах северных хвойных лесов, где грубогумусные почвы обычны, оценивают в 20 граммов, в лесах северной тайги Карелии - не более 10 граммов, в средней тайге Якутии - 15-20 граммов на квадратный метр.

Правда, здесь встречается множество личинок мух в подстилке, численность которых в листовничниках Якутии достигает 100-800 экземпляров, а биомасса - 2-6 граммов на квадратный метр.

Многолетние исследования Г. Ф. Курчевой в дубравах Центрально-Черноземного заповедника в Курской области показали, что благодаря беспозвоночным лесная подстилка разлагается в 4-6 раз быстрее, чем при участии одних лишь микробов. А в Подмоскowie только дождевые черви ускоряют разложение в 1,5-3 раза.

Велика роль животных в разложении гниющей древесины. Колоды сначала осваивают древоточцы, а на последних стадиях разложения дерева в нем поселяются обычные почвенные обитатели - кивсяки, дождевые черви, хищные жуки и многоножки.

Интересно, что в лесах палеозоя на поверхности почв скапливалось огромное количество мертвой органики слоем 15-40 сантиметров. Может быть, это происходило потому, что тогда не было еще многих животных разрушителей этого опада? Не по той ли же причине скапливались мертвые деревья, образуя толщи угля.

Скорость разложения опада зависит от погодных условий, состава населения беспозвоночных. А вкусы животных не совпадают. Так, кивсяки и мокрицы охотнее питаются листьями ясеня и ольхи, а не дуба и бука, а дождевые черви предпочитают листья бузины и лещины листьям дуба и клоча. Почти все виды мезофауны не едят опад хвойных пород, но его охотно потребляют панцирные клещи, которые, выедая хвоинки изнутри, увеличивают поверхность опада в 10 тысяч раз, делая его более доступным для разложения микроорганизмами. Высказано даже предложение искусственно расселять орибатид в местах, где разложение подстилки замедлено.

Труднее точно определить роль в трансформации органического вещества многих более мелких групп микроартропод и нематод, которые зачастую питаются не самими мертвыми растительными веществами, а разлагающими их грибами. Но их значение, несомненно, велико, поскольку численность этих животных высока, а интенсивность метаболизма больше, чем у крупных форм.

Иногда даже говорят о ведущей роли микрофауны в разложении подстилки. По расчетам венгерского зоолога Я. Балого, мелкие членистоногие при весе 1,1 грамма за один и тот же срок потребили бы в 40 раз больше пищи, чем мезофауна в 6 граммов.

Как же меняется состав населения почвенных животных в разных лесах?

В тайге на подзолах и дерново-подзолистых почвах животные встречаются в самом верхнем слое почв и в подстилке практически не глубже 10 сантиметров. Поэтому в Финляндии был предложен простой и эффективный метод учета почвенных животных с помощью больших воронок-термоэлекторов, куда помещают на сетку слой почвы 0-5 сантиметров и обогревают его сверху электрической лампочкой. Животные уходят от нагрева вниз, под сетку, и попадают в ловушку. Такой метод очень прост, удобен, но пригоден для работы только с маломощными почвами, особенно с подзолами: более толстый слой почвы и в лабораторию переносить неудобно, да и животные не успевают из него выбираться, погибая в почве от перегрева.

Биомасса животных у северной границы тайги составляет 10-20 граммов на квадратный метр, а у южной - вдвое выше. По мере продвижения к югу с увеличением мощности гумусового слоя возрастает численность почвенных животных, их разнообразие, они проникают на все большую глубину. В еловых лесах около Москвы большинство животных обитает на глубине 15-20 сантиметров. Только зимой черви, клещи и ногохвостки спускаются глубже, стараясь не попадать в промерзший слой почвы. В особенно холодные зимы, когда морозы схватывают не успевшую накрыться снежным покровом землю, случается массовая гибель от вымерзания многих почвенных животных: дождевых червей, энхитрид, личинок насекомых, многоножек и даже микрофауны.

Зимнее промерзание почв влияет на распределение почвенных животных. Например, в лесах Подмоскovie можно встретить животных, которые обычны для более южных районов, для серых лесных почв. Оказалось, что они заселяют участки нередко площадью всего в несколько квадратных метров, которые зимой почему-то не промерзают или же промерзают только на самой поверхности и на короткое время. Другой пример. В лесах европейской лесостепи много серых кивсяков, которые хорошо перерабатывают лесной опад, а за Уралом их нет. Родилась идея расселить кивсяков и в Зауралье, тем более что уже был опыт расселения других животных. И что же? Кивсяки прекрасно чувствовали себя в березовых колках, но в первую же зиму полностью вымерзли. Не учли, оказывается, того, что за Уралом уже сибирский климат и почвы промерзают там сильнее, глубже и надолго.

Наиболее обильна почвенная фауна в почвах под широколиственными лесами - серых лесных, буроземах, черноземах. Здесь животные обитают на глубине до 1 метра, а микроорганизмы - до 2 метров. Столь же богата и еще более

разнообразна почвенная фауна в широколиственных лесах субтропиков на желтоземах и красноземах.

Здесь животные проникают на глубину до 40-50 сантиметров, так как дальше идут тяжелые переувлажненные глины.

Животные здесь активны почти круглый год, а не шесть месяцев, как в серых лесных почвах. Многие за год дают не одну генерацию. И вот результат: во влажных субтропиках под Ленкоранью мокрицы и кивсяки полностью перерабатывают лесную подстилку за несколько месяцев, экскременты этих животных нередко лежат сплошным слоем. Пожалуй, нигде в мире так ярко и наглядно не проявляется роль животных в разложении растительного опада.

Степь. Нынче мало что осталось в Европе от некогда бескрайних ковыльных и разнотравных степей.

Участки с естественной растительностью сохранились лишь в заповедниках, на пастбищах и в местах, неудобных для распашки. В последние годы резко сократилась территория неосвоенных степей и в азиатской части СССР, особенно после массового освоения целинных земель.

Почвы степей представлены черноземами, южнее черноземов идут каштановые почвы. Для последних характерны более бурая окраска гумусового горизонта, каштановый цвет слоя, залегающего под гумусовым, кристаллы гипса на глубине 100 сантиметров и глубже. В степи, по сравнению с лесом, численность животных в почве явно ниже, а биомасса меньше в три раза. Заметно отличается и состав населения, так как в степи меньше обитателей подстилки, меньше форм, питающихся гниющими растительными остатками. В то же время в степи больше фитофагов (личинок хрущей, шелкоунов, чернотелок), а из позвоночных - корнеедов. В отдельные годы биомасса одних лишь личинок хрущей может достигать 10 граммов на квадратный метр. Общая биомасса почвенных животных равна 20-30 граммам, причем 20-50 процентов приходится на долю дождевых червей, 15-25 процентов - на личинок хрущей; много также личинок насекомых, кивсяков, губоногих многоножек и т. д.

Особенно заметна деятельность землероев, которая откладывает отпечаток на всю жизнь степи. Холмики земли, выброшенной сурками, слепышами и слепушонками на полях, бахчах, пастбищах, столь же характерны для естественного степного ландшафта, как и его растительность.

В разложении подстилки в степи активно участвуют животные напочвенного яруса. Еще в прошлом веке заметили, что табуны диких лошадей копытами разбивали степной "войлок", обеспечивая его минерализацию и создавая условия для жизни новых растений. В отсутствие копытных ту же роль выполняют грызуны, а там, где и их мало, - насекомые.

Разведение лесов в степях изменило в ряде мест состав почвенной фауны. В лесополосах можно встретить, например, немало влаголюбивых животных. Численность кивсяков в лесопосадках составляет 150-250 экземпляров на квадратный метр, а вес экскрементов за сезон на одном гектаре достигает 700 килограммов. Кивсяки в лесополосах активно участвуют в разложении подстилки, поэтому предлагают их как можно шире расселять при степном лесоразведении.

В степях особенно заметна почвообразующая деятельность муравьев. Еще в начале текущего столетия Н. А. Димо и другие почвоведы заметили, что

муравьи выносят глинистые материалы из глубин земли на поверхность и это существенно изменяет химические свойства лежащих выше горизонтов. Для европейских степей типичны муравейники с земляными конусами. На одном гектаре их объем достигает 26 кубометров.

В степях Нижней Волги муравьи, устраивающие жилье в почве, только за один день после сильного дождя выносят на поверхность 1122 килограмма почвы на гектар. Но и этим их роль не ограничивается. С того же гектара они растаскивают в среднем 50 килограммов зерна, что равно половине посевного материала!

В Онон-Аргунских степях Забайкалья на одном гектаре встречается 5-11 гнезд муравья формика пицца с 500-5000 насекомых в каждом гнезде. Муравьи здесь роют ходы до уровня грунтовых вод. Вынося материал из глубоких горизонтов, богатых кальцием, они обогащают этим элементом, интенсивно вымываемым из верхних слоев, корни растений. Непосредственно под муравейниками усиливаются процессы рассоления (на солончаках).

В степях юга Сибири муравьи активно участвуют в перемешивании почвы, и масштабы их деятельности столь значительны, что в три раза превосходят снос почвенных частиц водой и ветром.

Пустыни. Первое, что бросается в глаза при изучении почвенной фауны в пустынях, - малочисленность животных. Нередко в яме объемом в один кубометр не встретишь ни одного экземпляра мезофауны. В пустынях совершенно нет дождевых червей (они встречаются здесь только на поливных землях и в поймах рек), кивсяков, мокриц подстилочного комплекса и многих других привычных почвенных животных. Зато здесь часто встречаются эмбии, скорпионы, пустынные мокрицы, термиты, слепозмейки, крупные геофилиты, сколопендры.

Беспозвоночные обитают исключительно в толще почвы, в ее глубоких горизонтах, где сохраняется высокая влажность воздуха и не так сильны колебания температуры. Лишь немногие животные способны в дневную жару сохранять активность на поверхности земли, большинство же поверхностных обитателей активны ночью, а днем прячутся в норках, под камнями, в трещинах почвы. Среди обитателей почвенного яруса особенно заметна деятельность мокриц и термитов.

Пустынные мокрицы, по данным Н. А. Димо, заселяют сероземы и другие плотные почвы пустынь в больших количествах. Нередко число их норок на одном квадратном метре доходит до 60-70, а самих мокриц - вдвое больше (в каждой норке живут две особи). Вес экскрементов и почвы, выброшенных при рытье норок, достигает внушительной цифры - 5800 граммов на квадратный метр.

А если учесть, что по химическим свойствам слои почвы сильно отличаются от поверхностных (в частности, это относится к количеству солей кальция), то влияние роющей деятельности мокриц на почвообразование становится очевидным.

Мокрицы заселяют только гипсированные плотные сухие почвы, они не выносят ни орошения, ни ветра, развевающего поверхностный горизонт, так что по ним безошибочно можно судить о составе и характере почв.

Мокрицы закупоривают отверстие норки своим телом, предотвращая высыхание (в глубине норки относительная влажность около 100 процентов, в то время как на поверхности - 15-20 процентов). Вся организация этих рачков приспособлена к экономии воды и к постоянному смачиванию жабр: множество бугорков и желобков на теле расположено так, что направляют к жабрам любую капельку воды. Влагу, полученную из пищи, мокрицы нередко выбрызгивают на жабры из анального отверстия.

Один из видов пустынных мокриц является вредителем, от которого страдают всходы многих сельскохозяйственных растений.

Как уже говорилось, почвообразователем в теплых, но не злостно иссушенных пустынях являются и термиты.

Но они играют еще исключительно важную роль в формировании вторичной продукции биогеоценоза, поскольку служат кормом для множества других животных. В южной Туркмении, например, во время массового вылета термитов ими питаются все мелкие птицы, все хищные беспозвоночные, рептилии и даже лисы и собаки. Весной всегда можно найти остатки термитов там, где кормились ночью скорпионы, фаланги, сколопендры и другие хищники из мира беспозвоночных.

На поливных землях пустынь роль почвообразователей берут на себя дождевые черви; большое значение приобретают и почвенные простейшие.

Еще в начале века С. С. Неуструев и Н. А. Димо указывали на роль дождевых червей в почвообразовании пустынь. Особенно благоприятные условия складываются для червей в поливных землях сероземного типа, где их численность может достигать 512 экземпляров на квадратный метр, а за год они выносят на поверхность 15- 20 тонн земли на гектар, или 2 процента почвы. В Судане на землях, орошаемых водой Нила, черви за год выносят 26,7 тонны почвы на гектар.

Внесение в почвы сероземной зоны больших количеств минеральных удобрений и ежегодное попадание дефолиантов (на полях хлопчатника) снижают численность червей в десятки раз. Как следствие - уменьшается скважность почвы и на глубине нескольких десятков сантиметров создаются анаэробные условия. Это, в свою очередь, снижает биологическую активность почв, резко замедляется разложение органики, распространяются грибковые заболевания растений.

Изучая распределение почвенных животных по зонам и давая характеристику почвам в зависимости от населяющих их животных, приходится считаться еще с двумя обстоятельствами.

На одно из них обратил внимание известный энтомолог профессор Г. Я. Бей-Биенко. Оказалось, что, продвигаясь с юга на север, почвенные животные меняют свои пристрастия к почвам. На юге личинки широко распространенных насекомых заселяют влажные почвы тяжелого механического состава, а к северу они все более и более тяготеют к легким, хорошо прогреваемым субстратам.

Второе обстоятельство связано с изменением глубины обитания почвенных животных: те виды, которые на юге прячутся в глубоких горизонтах, по мере продвижения на север перемещаются ближе к поверхности, а у крайней северной границы распространения они живут в самом нижнем слое или в подстилке.

Каждая природная зона, таким образом, характеризуется своим комплексом почвенных беспозвоночных, многие из которых являются сами активными почвообразователями и определяют характер почвенного профиля. Приспособленность многих почвообитающих животных к определенному режиму дает возможность более полно судить о свойствах и особенностях среды обитания.

Зоологическая диагностика почв

В нашей стране на основе почти 25-летних полевых исследований М. С. Гиляровым был разработан способ, позволяющий определить характер почв. Он детально был обоснован в его книге "Зоологический метод диагностики почв" (1965), удостоенной Государственной премии.

Предназначенный, казалось бы, для специальных сугубо зоолого-почвенных целей метод нашел применение при решении биogeографических и более общих, экологических задач. С его помощью была разрешена загадка происхождения таких образующихся на известняках почв, как красноцветные на Южном берегу Крыма.

О природе этих почв ученые спорили. Одни утверждали, что они лишь разновидность лесных буроземов, другие доказывали, что это обнаженные после того, как оказались смыты позднейшие наслоения, - ископаемые третичные почвы, некоторые же считали, что это образующиеся в настоящее время почвы, такие же, как "красные земли" в Италии, типичные для берегов Средиземного моря.

Изучение почвенной фауны дало ответ на поставленный вопрос. Оно показало, что именно на красных почвах на известняках Южного берега Крыма основную массу видов почвенных животных (более 90 процентов) составляют беспозвоночные, которые распространены в Средиземноморье, причем известняки Южного берега Крыма для многих самые северные точки их распространения. Там же, на соседних участках, но с другими почвами, средиземноморских видов гораздо меньше, встречаются они редко, и количество их невелико. Следовательно, на самых прогреваемых участках известняков Южного берега Крыма сейчас микроклимат такой же, как и у берегов севера Африки или юга Италии, иными словами, почва средиземноморского типа может там образовываться и ныне.

Изучение почвенных животных безлесных горных вершин северо-западного Кавказа и крымской Яйлы позволило не только установить тип их почв (горные черноземы), но и судить об истории горных степей этого района.

Стало ясно, что степная почвенная фауна, как и весь растительный и животный мир безлесных горных вершин, - наследники прежде существовавших здесь довольно сухолюбивых видов степного типа и средиземноморского происхождения, и появились они тут вовсе не потому, что в результате деятельности человека исчезли леса.

Таким же образом, с учетом физических и химических показателей, были определены темно-серые лесные почвы овражных лесов Левобережья Украины. Существует четкая зависимость между типом почвы и естественным растительным покровом. Они сохранились в первозданном виде, если их не затронула хозяйственная деятельность человека. Если же почву используют в хозяйственных целях, то эта взаимосвязь, безусловно, нарушается.

В зоологическом методе диагностики почв особое место принадлежит крупным беспозвоночным. Они один из самых точных и ценных индикаторов. Поскольку эти животные малоподвижны, ареал их распространения ограничен и целиком зависит от окружающей их среды. Наличие тех или иных видов, их количество, плотность популяций - все это помогает определить свойства почвы, составить ее характеристику.

Применяя зоологический метод диагностики почв, исходят из следующих предпосылок. Каждый вид в пределах области своего распространения встречается только там, где природные условия отвечают его физиологическим требованиям. Его жизнедеятельность зависит от таких факторов, как температура, влажность, содержание солей, структура почвы и т. д. Сумма этих условий жизни и составляет общую характеристику, которую ученые называют экологическим стандартом вида. Чем он уже, тем выше его ценность как индикатора. А чем шире амплитуда колебаний каждого экологического фактора, гарантирующего существование вида, тем хуже такой вид выполняет эту роль, поскольку он не "привязан" строго к какому-нибудь одному типу почв и, как правило, распространен более широко.

В большинстве случаев виды в центре той области, где они обитают, более многочисленны и обычно заселяют более разнообразные места, чем на периферии, а у границ ареала вид встречается редко - только там, где микроклимат близок к средним климатическим условиям области массового распространения вида. К таким условиям относится, наряду с прочими, гидрои терморезим почвы, к которому почвенные беспозвоночные очень чувствительны. Как правило, почвенные животные на равнинах европейской части СССР, в центре этого ареала, умеренно влаголюбивы, у северных границ - сухолюбивы, а у южных границ, наоборот, влаголюбивы.

Например, личинка июньского хруща встречается в лесостепной полосе в различных почвах. На севере (в лесной зоне) она предпочитает склоны, обращенные на юг, где песчаные или известняковые почвы, а на юге (в сухой степи) - склоны, обращенные на север, с тяжелыми почвами, а также берега рек. Не случайно К. Линней называл некоторые широко распространенные в Скандинавии виды "песчаными". В Скандинавии они действительно встречаются на песках.

Почвенно-экологический метод дает возможность заметить, в каком направлении идет почвообразование, еще на той стадии, когда с помощью инструментальных и химических методов сделать это невозможно.

Зоологическая мелиорация почв. Влияние дождевых червей на почву

Сто лет назад Ч. Дарвин, как известно, крайне осторожный в выводах и не склонный к преувеличениям, решительно утверждал, что "плуг принадлежит к числу древнейших и имеющих наибольшее значение изобретений человека; но еще задолго до его изобретения почва правильно обрабатывалась червями и всегда будет обрабатываться ими".

Разрыхляя и перемешивая слои почвы, черви действительно выполняют ту же работу, что и плуг, вспахивающий землю, но этим их миссия не исчерпывается. Внося в почву растительные остатки, они тем самым углубляют обогащенный

гумусом плодородный слой. Благодаря вертикальным ходам усиливается водопроницаемость, аэрация, улучшаются условия для прорастания корней растений.

Деятельность дождевых червей влияет и на структуру почвы, что крайне важно для улучшения ее агрономических свойств, - при мелкозернистой структуре растения легче усваивают минеральные вещества.

Структурные отдельности почвы, образующиеся, когда через кишечник червей проходят растительные остатки и минеральные частицы, отличаются высокой прочностью, устойчивостью к размыванию. В пищеварительном тракте червей непереваренные остатки пищи перемешиваются с минеральными частицами, склеиваются слизистыми выделениями стенок кишечника, сильно спрессовываются при перистальтических сокращениях его мышц и выбрасываются в виде так называемых копролитов ("каменных экскрементов").

В кишечниках дождевых червей, кроме того, накапливаются минеральные вещества в доступной для растений растворимой форме. Многие почвенные минералы, проходя через кишечник червей, разрушаются (например, из песчинок базальта высвобождаются калий и магний), так что в копролитах бывает больше растворимых фосфора, калия, магния, чем в окружающей почве. К тому же экскременты червей обогащаются аммиаком, продуцируемым стенками кишечника, а проделанные червями ходы - аммиаком, выделяемым со слизи с поверхности тела.

Количество и масса копролитов, ежегодно образуемых в природных условиях дождевыми червями, огромно. Еще Дарвин насчитывал до 40 тонн (сухой массы) на 1 гектар на пастбищах в Англии (позже, в 1955 году, но современным подсчетам, У. Гилд назвал для Англии цифру 2р тонн). Под Москвой на поля многолетних трав на дерново-среднеподзолистой почве (180 червей на 1 квадратный метр) образуется 53 тонны копролитов в год. Для территории ФРГ - 5-7,5 тонны в год, для Швейцарии - 75-100 тонн на гектар. Н. А. Димо в 1938 году отмечал, что в Средней Азии на поливных землях при численности червей более 150 на 1 квадратный метр выбрасывается до 20 тонн копролитов на поверхность почвы при общей продукции копролитов (большая часть остается в почве) более 120 тонн на гектар.

Дождевые черви во многих случаях активно вовлекают растительный опад в глубь почвы, либо непосредственно, либо после переработки опада другими грушами почвенных и подстилочных беспозвоночных.

Опыты Т. С. Перель и Л. О. Карпачевского в Подмосковье показали, что, если в лесу прекратится доступ дождевых червей к опад, разложение листьев будет происходить в два-три раза медленней.

Г. Н. Высоцкий обнаружил, что по ходам дождевых червей легче проникают вглубь корни саженцев деревьев, что особенно важно в тех случаях, когда лесные породы разводят в засушливых районах.

В 1890 году Е. Вольни многочисленными опытами доказал, что в присутствии дождевых червей урожайность различных культурных растений и древесных пород значительно повышается. Причем это результат именно их деятельности, а не только того, что в их телах содержатся элементы минерального питания растений, высвобождающиеся после гибели, как считали другие ученые.

Расселение дождевых червей

Огромная роль червей в поддержании почвенного плодородия делает их желанными поселенцами, особенно в лесах, садах, на пастбищах и сенокосах, где почва не подвергается ежегодной обработке.

Бывают случаи, когда, часто по историческим причинам, дождевых червей на том или ином участке нет и их желательно туда завезти. Самостоятельно дождевые черви мигрируют очень медленно: обычно за год они преодолевают расстояние всего в несколько метров. Расселение происходит в основном пассивно: их смывает вода, а яйцевые коконы, пристающие с влажной почвой к ногам, переносят птицы, копытные и другие животные. Но наибольшую роль здесь может сыграть человек.

Многие века это, правда, происходило стихийно.

В эпоху парусного флота черви расселялись по всему земному шару, путешествуя вместе с посадочным материалом, сельскохозяйственными машинами и с балластом из земли на судах, шедших за "колониальными" товарами из Европы, в заморские и заокеанские владения.

Такие виды дождевых червей, легко следующие за человеком и способные обитать в почвах разного типа, называют перегринными. К типично перегринным видам относится, например, "пашенный червь", распространившийся в Северной и Южной Америке, в Тропической и Южной Африке, в Австралии и Новой Зеландии.

Обретая новую родину, этот червь (как и ряд других европейских перегринных видов) не только распространялся на обрабатываемых землях, но и проникал на не освоенные человеком участки, вытесняя местные виды.

В Канаде в подзолистых почвах под лесами из местных древесных пород на территориях, подвергавшихся оледенению, дождевых червей нет. Канадский почвовед К. Ленгмейд в 1961 -1962 годах провел наблюдения в таких лесах в штате Нью-Брунсуик, где в 1958 году дождевых червей не было, и обнаружил пять мест, куда они все же проникли. Вторжение дождевых червей привело к быстрому разложению подстилки, к изменению окраски верхней части богатого железом подзолистого горизонта. Слабый аккумулятивный горизонт почвы, подстилка и верхние 5 сантиметров подзолистого горизонта за короткое время превратились в однородный темно-серый слой.

Это наглядный пример того, как быстро меняется почва под воздействием дождевых червей даже при неблагоприятной для них кислотности почвы. Кстати сказать, это были не американские, а европейские виды червей, которые благополучно освоили не только сельскохозяйственные угодья, но и территории естественных лесов.

В некоторых случаях происходит случайная акклиматизация завезенных видов, гораздо менее способных к широкому расселению в данной местности. Так, в АсканииНова в почвах целинных степей встречается только никодриллус розеус, причем численность его небольшая.

Известен организованный в заповеднике еще в прошлом веке дендрологический парк, в котором собрано довольно много экзотических видов деревьев, выращиваемых и поддерживаемых при постоянном поливе. В парке широко расселился и размножился западноевропейский вид аллобофра хлоротика, завезенный, вероятно, с посадочным материалом и концентрирующийся у

влажных берегов арыков, где достигает численности 60-100 особей на квадратный метр.

Интродукция дождевых червей в СССР

Нередко случается так, что дождевыми червями надо заселить территории, где обитание определенных видов вполне возможно, но в силу исторических причин они там отсутствуют. Опыт такой интродукции накоплен как в нашей, так и в зарубежной практике.

В 30-е годы А. А. Бродский и Н. А. Димо установили, что в Средней Азии в светлых сероземах на целинных и богарных землях дождевых червей нет. На поливных же землях в незасоленных почвах этого типа численность дождевых червей достигает в среднем, по данным этих авторов, 100-150 особей на квадратный метр. В 60-е годы Б. Валиахмедов и Т. С. Перель сходные данные получили для Таджикистана.

Интересно, что на поливные земли в Средней Азии проникли не эндемичные виды, свойственные хребтам, откуда текут реки, питающие оросительную сеть (эндемичных видов в Средней Азии известно теперь около 15), а менее требовательные перегринные виды.

Расселение червей путем случайного заноса иногда происходит быстро, но может протекать и очень медленно; особенно маловероятно попадание червей на изолированные участки с подходящими для них условиями, значительно удаленные от ареалов ближайших популяций.

Поэтому, когда осваиваются новые территории, на которых еще нет способных существовать в изменившихся условиях видов дождевых червей, целесообразно проводить их интродукцию.

Такую зоологическую мелиорацию почв стали осуществлять в последние десятилетия и у нас, и за рубежом.

При обычном поливе дождевые черви, которые встречаются и на берегах рек в местах отвода от них оросительных каналов (арыков), попадают на территорию полей с поливными водами.

В последние десятилетия в Узбекистане создаются оазисы с артезианским орошением в пустынных, неосвоенных районах, на сотни километров удаленных от реки и орошаемых речными водами земель. В таких оазисах, создаваемых, в частности, для выращивания люцерны для подкормки овец близ устраиваемых для них водоемов, органические остатки (листья люцерны и навоз) разлагаются медленно. Наблюдения показали, что навоз не разлагается в течение 4 лет!

Опыт интродукции дождевых червей осуществлен в 1963 году. В несколько оазисов - на Кызылкумскую опытную станцию, на скважину № 18 (поселок Артезианский), в оазис близ Мубарека (Бухарская область) - выпустили смешанные популяции разных видов дождевых червей, собранных на Зеравшанском хребте, на влажных, поросших кустарником склонах, изрезанных сетью ручьев.

Проверка 1965 года показала, что лучше всего прижились два вида, наиболее перспективных для интродукции в этих условиях. На некоторых участках, куда были выпущены черви, их численность за три года достигла 160 экземпляров на 1 квадратный метр, причем некоторые особи оказались в 30 метрах от того

места, где их выпустили на поле. Интересно, что один из них случайно акклиматизировался и в изолированном оазисе Тазерук в Сахаре. При наших опытах в ямы площадью 1 квадратный метр и глубиной около метра выпускали по 200-500 червей. Проверка в 1975 году показала, что черви освоили значительную часть орошенной территории и активно перерабатывают растительный опад.

Сходная работа была проведена и при освоении вновь орошаемых земель по трассе Каракумского канала. В совхозе "Теджен" А. Ягдыев с сотрудниками нашли, что выпущенные там черви за год расселились по каналу на 30 метров. Выпущенные весной в ямы площадью в 1 квадратный метр (по 300-500 экземпляров на яму) на орошаемых виноградниках с глинистой почвой и на люцерновом поле вблизи поселка Хауз-Хан, в лесном питомнике и в плодовом питомнике черви через год тоже расплозились на расстояние до 30 метров. В этом случае для интродукции были взяты наиболее пластичные peregrinnye виды дождевых червей, способные выжить и размножиться на поливных землях в сравнительно трудных для представителей этого семейства жарких условиях.

Еще один пример успешной интродукции дождевых червей - работа, выполненная Т. С. Перель в лесопосадках Джаныбекского стационара (Уральская область).

В посадки 1950 года, состоящие из дуба и вяза, в 1966 году из Салтовского леса (Саратовская область), из поймы реки Еруслана было привезено и выпущено около 800 особей эйсения норденшельди и уралензис и небольшое количество особей никедрилус розеус и дендробена октаэдра. Проверка показала, что через восемь лет (в 1974 году) первый вид расселился на всей площади полосы, занятой посадками дуба, при средней плотности популяции около 20 экземпляров на квадратный метр. Единично встречался и вид дендробена октаэдра, что свидетельствует о возможности его выживания в условиях сухого континентального климата - в сухой степи и полупустыне, в лесополосах.

Существование же червей в лесополосах обусловлено тем, что в этих суровых условиях зимой накапливается задерживаемый деревьями снег. А практическое значение акклиматизации червей в этом случае состоит в том, чтобы обеспечить вовлечение в почву опада и тем стабилизировать круговорот веществ под лесопосадками и создать предпосылки к образованию прочной зернистой структуры почвы.

Изредка встречавшийся в более старых посадках в Джаныбеке вид никедрилус розеус, питающийся в толще почвы перегноем (в отличие от пигментированных червей эйсения норденшельди и других, питающихся и подстилкой), не может способствовать стабилизации круговорота веществ под лесопосадками в степи.

Интродукция дождевых червей успешно проведена в садах возле Алма-Аты. Они расположены на довольно крутых склонах и подвержены эрозии. Деятельность тех видов дождевых червей, которые встречаются в почвах этих садов и не проделывают глубоких вертикальных постоянных ходов, менее эффективна в противоэрозионном отношении, чем деятельность червей-норников, которые делают такие глубокие ходы, как и люмбрикус террестрис.

В Джунгарском Алатау под пологом плодово-еловых лесов Н. К. Белоусова обнаружила крупных червей, принадлежащих к новому виду - светловия джунгарика, проделывающих глубокие вертикальные ходы. Этим червем весной

1967 года завезли в яблоневые сады Заилийского Алатау, расположенные на высоте 1300-1350 метров.

Их выпустили в разных местах по пять экземпляров в небольшую ямку; ямки располагались группами по пять.

При проверке в 1973 году оказалось, что черви прижились, стали питаться спадом культурной яблони, размножаться и расселились на расстояние 10-15 метров вниз по склону, но всего на 5 метров в стороны. По-видимому, расселение видов, делающих глубокие норы, происходит медленнее, чем других видов.

Во всяком случае, все три опыта (искусственное заселение никодрилюс салигинозус, никодрилюс розеус прашади поливных участков, где прежде не было червей, для ускорения разложения растительных остатков, заселение эйсения норденшельди лесополос в сухостепной зоне для ускорения разложения и вовлечения в глубь подстилки и светловия джунгарика - для создания глубоких ходов против эрозии) дали обнадеживающие результаты.

Интродукция дождевых червей за рубежом

В Нидерландах на необрабатываемых луговых землях повсюду высокая плотность популяции дождевых червей, поддерживающих зернистую структуру почв. Однако в тех местностях, которые в провинции Зееланд в 1944 и 1953 годах подверглись длительному (около 6 месяцев) затоплению, черви вымерли, и разложение остатков травы на лугах сильно затормозилось - на поверхности почвы образовался плотный слой так называемого "растительного войлока". Нет червей, и задерживается разложение травы на недавно отвоеванных у моря польдерах. Так, в Нордоост-польдере, который начали культивировать с 1947 года, в 1963 году еще не было червей, и на поверхности почвы, засеянной травами, образовался типичный грубоволокнистый войлок.

Опыты, проведенные в Валхерене, показали, что при внесении на луговины разных видов дождевых червей прижился только никодрилюс салигинозус, и в том месте, где выпустили 400 особей этого вида, войлок стал быстро разрушаться.

На семилетнем пастбище на опытной ферме в Ловинкхэве (Нордоост-польдер), где дождевые черви (в основном никодрилюс салигинозус) прижились и достигли численности 280 экземпляров при биомассе 175 граммов на квадратный метр, стала формироваться зернистая "муллевая" почва.

На новых польдерах в Зюйдерзее, в разбитом там яблоневом саду с задерненными междурядьями, в 1986- 1967 годах на площадки по 10 квадратных метров было внесено 5400 и 4600 особей того же вида. К ноябрю 1967 года уже отмечалась разница в агрегатном составе почвы в местах с червями и без червей. Если в контроле прочные агрегаты составляли только 30,6-40,8 процента, то на площадках с 4600 червями содержание таких агрегатов достигало 60 процентов, а на получивших большее число червей - 66. К апрелю 1968 года популяция выпущенных червей (4664 экземпляра) в польдере Восточного Флевооланда возросла до 384 740, средняя скорость роста достигла 15 процентов в месяц. Черви этого вида довольно быстро расползаются, проделывая за год горизонтальные миграции в среднем на шесть метров, тогда как другой переселенный вид, аллобафра хлоротика, за год уходил не более чем на четыре

метра, причем только около 20 процентов популяции уходило из мест выпуска, и прирост популяции шел медленнее - 10 процентов в месяц.

Естественный процесс расселения червей - медленный, что и заставило голландцев позаботиться о том, чтобы внести в почву этих важнейших почвообразователей.

Большое значение имеет зоологическая * мелиорация осваиваемых отвалов и оголенных территорий, образующихся после добычи полезных ископаемых. Так, например, в ГДР на отвалах после добычи бурого угля высаживают ольху, тополя, белую акацию. Деревья растут очень быстро, и уже на четвертый-пятый год после посадки накапливается около трех тонн подстилки в пересчете на гектар.

Через десять лет после окончания открытой добычи бурого угля из плейстоценово-голоценовых отложений оголенные площади быстро зарастают, и так как периметр этих площадей велик, на них быстро проникают дождевые черви, особенно никодрилюс салигинозус, - настолько быстро, что нецелесообразно проводить их интродукцию. Но кислые минеральные третичные отложения медленнее заселяются червями. Расселение никодрилюс салигинозус идет в этом случае со скоростью не более 10 метров в год, а октолазиум лактеум - до 20 метров в год.

Черви проникают как из соседних, ненарушенных почв, так и из компостов, специально вносимых при рекультивации. Процесс ускоряется при мульчировании рекультивируемых земель опавшими листьями; такая мульча улучшает гидротермический режим и служит червям источником пищи. Но даже в условиях влажного климата Средней Европы подстилочные виды (дендробена октаэдра, люмбрикус рубеллюс) не выносят создающегося режима, тогда как вносимые в этих условиях черви никодрилюс салигинозус приживались.

Показательный опыт поставили в 1949 году в Новой Зеландии. На пастбище с исходно кислой почвой на всей площади провели известкование. В пяти местах на пастбище выпустили по 25 особей никодрилюс салигинозус - вида, который хорошо мирится не только с пастбищными условиями, но и с обработками почвы. Через четыре года площадки в местах выпуска стали отличаться более густой растительностью и более яркой зеленью. Через восемь лет границы освоенных червями площадок расширились примерно на 100 метров, выделяясь тем, что там лучше росла трава.

Урожай трав через пять лет после выпуска червей составлял 4420 фунтов на 1 акр, а в 40 метрах от них - 2540 фунтов (сухой вес за три укоса). Содержание кальция в слоях почвы тоже оказалось различным. Там, где червей не было, рассыпанная по поверхности известь и через пять лет оставалась в основном в самом верхнем слое почвы. Там, где расселились черви, они способствовали вовлечению извести в почву.

В Австралии, в Новом Южном Уэльсе, на пастбищах, где не было дождевых червей, накапливался слой растительных остатков и навоза толщиной около четырех сантиметров, который постепенно исчезал после экспериментального внесения дождевых червей никодрилюс салигинозус (за восемь лет популяция интродуцированных червей распространилась на 100 метров от мест выпуска).

На Ротэмстедской станции, где пастбища регулярно удобряли сульфатом аммония, исчезали дождевые черви, следствием чего было накопление слоя мертвых растительных остатков. Известкование обычно способствует повышению на 50 процентов численности интродуцируемых червей.

Интродукция навозников для мелиорации пастбищ

Как известно, на Австралийском материке до открытия его европейцами не было копытных млекопитающих. Колонизация Австралии была связана с бурным развитием скотоводства и использованием обширных территорий, занятых травянистой растительностью, под пастбища.

Местная фауна оказалась неприспособленной к питанию навозом. Австралийские животноводы подсчитали, что ежедневно крупный рогатый скот оставляет на пастбищах около 200 миллионов лепешек навоза, не поддающегося воздействию местных навозников.

Накапливаясь в огромных количествах на поверхности почвы, крайне медленно разлагающиеся лепешки навоза, подсыхая, затрудняют рост травы и снижают производительность пастбищ.

В кучках навоза, особенно жидкого коровьего, в массе размножается кустарниковая муха, исключительно назойливая, изводящая повсеместно летом скот и людей не только на фермах, но и в городах. В северных частях материка к ней присоединяется завезенная жигалка вида хематобия эксигуа, причиняющая болезненные укулы.

Оба вида можно рассматривать как компоненты местного гнуса, снижающего работоспособность людей и продуктивность животноводства.

Австралийский почвенный зоолог Г.-Ф. Борнемисса предложил провести работу по интродукции навозников, питающихся экскрементами копытных, чтобы они способствовали освобождению пастбищ от навоза, удобрению почвы пастбищ и ликвидации массового размножения назойливых и кровососущих мух, развивающихся в навозе.

Среди навозников выбрали несколько перспективных видов, и особенно эффективным оказался навозник оптофагус газелла. Жуки этого вида быстро расселились на северо-востоке Австралии, за два года проникнув на 80 километров в глубь материка (в течение трех лет выпустили около 275 тысяч жуков). Жуки питаются навозом, зарывают его в землю, где в изготовленных родителями навозных шариках развиваются личинки (в результате происходит удобрение почвы!), незарытые остатки навоза жуки размельчают, они быстро сохнут, что делает их непригодными для развития мух. Даже в тех случаях, когда мухи развиваются, они оказываются много мельче и менее плодовитыми, чем выводящиеся на нетронутых жуками лепешках навоза.

Использование интродуцируемых навозников в Австралии - частный случай зоологической мелиорации почв, который служит достаточно убедительным примером.

Разумеется, при дальнейшей интродукции необходимо предусмотреть опасности заноса с интродуцируемыми почвенными беспозвоночными возбудителей заболеваний человека, гельминтов и других паразитов животных и растений. Опыт работы в Австралии с африканскими навозниками, где были

приняты меры к получению стерильных яиц навозников, доказывает возможность такой карантинной обработки.

Интродукция отсутствующих на данной территории видов беспозвоночных-почвообразователей - технически самый простой и эффективный прием зоологической мелиорации почв.

Перспективны и другие, методы. Это известкование кислых почв для улучшения среды обитания беспозвоночныхкалькофилов, к которым относятся многие почвообразователи (дождевые черви, многоножки-кивсяки, мокрицы).

Это система обработок почвы, минимально нарушающих почву как среду. Это внесение компостов на таких стадиях разложения, когда они обогащены полезными почвенными беспозвоночными. И наконец, это разумное ограничениеприменения пестицидов, дефолиантов и других химических соединений, губительно действующих на почвенных животных и других полезных обитателей почвы.

Широкий экологический подход к системе земледелия, луговодства, лесоводства - предпосылка повышения биологической активности и плодородия почв.

Зоологические методы компостирования отходов

Использование биологических агентов для получения необходимых человеку продуктов - биотехнология - в центре внимания современной биологии, и, пожалуй, нет сейчас такой области биологической науки, которая не могла бы внести свой вклад в ее развитие. Этим своим положением биотехнология обязана прежде всего той роли, которую она во всевозрастающей степени играет в решении крупных задач народного хозяйства и медицины. В наш век, в условиях урбанизации и интенсификации потребления растительных ресурсов, одной из таких задач становится рациональное использование органических отходов как городского хозяйства (городской мусор, сточные воды), так и сельского (особенно навоз крупных свиноферм), ежегодные количества которых весьма внушительны.

Обезвреживание и утилизация этих отходов важны и с точки зрения такой остро стоящей ныне проблемы, как охрана окружающей среды.

Компостирование органических отходов основано на использовании совокупной деятельности различных групп микроорганизмов и беспозвоночных животных. Для компостирования отходы закладываются в бурты, где создается благоприятный для полезных организмов режим температуры и влажности. Чем труднее разлагается компостируемый субстрат или чем быстрее он слеживается по мере разложения, тем больше должно быть отношение соприкасающейся с открытым воздухом поверхности бурта с его объемом. Приняты обычно бурты размером около 3 метров в ширину и около 1,5 метра в высоту (длина зависит от размеров доступной для компостирования площади и количества вещества).

Навоз, отстой канализационных вод, городской органический мусор, навозная жижа и т. п. - все это быстро разлагающиеся субстраты, а добавляемые к ним медленно разлагающиеся вещества (торф, измельченная кора - отход деревообрабатывающей или целлюлозной промышленности и т. п.) служат адсорбентами первичных и вторичных продуктов разложения. Иногда в качестве адсорбента к компосту добавляют почву. Для поддержания требуемого режима компостирования бурты время от времени ворошат (для аэрации),

иногда прогоняют через них воздух, а для увлажнения поливают водой или навозной жижей.

В процессе компостирования в буртах сперва происходит разрушение легко усваиваемых соединений - сахаров, полисахаридов, затем белков и гемицеллюлоз, медленнее всего разлагаются лигнин, дубильные вещества и т. п. Разложение сопровождается синтезом комплекса гумусовых соединений. В результате масса органического вещества уменьшается, компост обогащается азотом, гумусом, возрастает его зольность. Меняется и структура органических осадков: они размельчаются, и из них, в основном в результате деятельности беспозвоночных, образуются зернистые агрегаты.

В начале компостирования при окислении микроорганизмами легко доступного углерода внутри бурта в течение нескольких дней быстро возрастает температура (например, в буртах из городских отбросов - до 70 градусов Цельсия), которая затем, по мере использования соединений, легко усваиваемых микрофлорой, постепенно снижается. В это время деятельность животных внутри бурта исключена - там происходит естественная пастеризация субстрата; беспозвоночные могут заселять только самый поверхностный слой компоста.

На первых этапах компостирования в бурты проникают мелкие беспозвоночные, для которых исходный перерабатываемый материал представляет подходящую среду обитания. Это способные к полету насекомые, в основном двукрылые и жуки, переносимые ими нематоды или клещи и др. По мере понижения температуры внутри бурта до 20-25 градусов в него проникают многие мелкие членистоногие (панцирные клещи и коллемболы), мелкие кольчатые черви - энхитреиды и более крупные дождевые навозные черви эйсенция фетида. Эти черви месяца через два изрешечивают своими ходами весь бурт до самого основания, способствуя проникновению по ним мелких форм. При весенней закладке компостов осенью в них появляются и типично почвенные сапрофаги. Их деятельность завершает "созревание" компоста, основным компонентом которого становятся экскременты беспозвоночных.

Особое значение в переработке компостов имеют навозные дождевые черви эйсенция фетида. Этот вид распространен в наших южных широколиственных лесах, где он развивается в гниющей древесине или в скоплениях опавших листьев. Однако, следуя за человеком, он становится обычным в разных скоплениях гниющих растительных остатков антропогенного характера. В естественно разлагающемся навозе и в компостах численность этого червя может достигать огромных масштабов: около 3000 червей на 1 квадратный метр бурта, до 6500 в слое 10 сантиметров. Биомасса этих червей при 500 особях в 1 литре компоста достигает 68 килограммов на 1 квадратный метр субстрата; все вещество компоста проходит через их кишечник, так что в конце компостирования органические остатки приобретают зернистую структуру и состоят из копролитов - экскрементов червей.

По расчетам О. Граффа в ФРГ, разложение компостируемых веществ и "созревание" компоста (переход в состояние, оптимальное для удобрения) совершаются при заселении червями в 14 раз быстрее, чем без них. Черви эйсенция фетида способны к переработке и превращению в хорошее удобрение таких органических отбросов, как анаэробный ил канализационных вод, свиная навозная жижа и т. д. Такие отбросы в результате их переработки этими червями

утрачивают дурной запах, освобождаются от вредной микрофлоры, приобретают агрономически ценную зернистую структуру, утрачивают токсичность для корней растений.

В США несколько компаний занимаются выращиванием и коммерческой реализацией дождевых червей и продажей их экскрементов, представляющих собой ценное органическое удобрение. Осадок сточных вод (после аэробной либо анаэробной ферментации) высушивают, а затем брикетируют, складывают штабелями, заселяют дождевыми червями (1500 граммов на 0,125 кубометра осадка) и выдерживают при 30-35-процентной влажности в течение четырех месяцев. В Калифорнии количество осадка, потребляемого за сутки червями, равно 40 процентам их веса.

По окончании "работы" червей всю массу компоста пропускают через цилиндрическое вращающееся сито.

Большая часть остающихся в роторе червей скапливается в одном его конце, их употребляют для заселения следующих партий компоста, а прошедшие сито копролиты представляют коммерчески ценное удобрение без неприятного запаха, не самонагревающееся при хранении, не токсичное для растений.

Предприятие в Каламазу (штат Мичиган) пропагандирует для сельских местностей компостирование кухонных отходов с помощью дождевых червей в кустарных условиях - в ящиках, ведрах и т. п.

В Финляндии разработана схема компостирования осадка сточных вод в смеси с отходами коры, получаемыми на деревообрабатывающих и целлюлозных предприятиях.

На Филиппинах организован центр по "вермикультуре", то есть по разведению дождевых червей, который объединяет свыше 1000 предпринимателей, выращивающих этих червей не только как производителей компостного удобрения, но и как источник белков и жира (55 процентов белка и 13 процентов жира от сухой массы червей) для использования в рыбном хозяйстве, в качестве заменителя рыбной муки в животноводстве.

Совершенно ясно, что наступило время широко использовать "вермикомпостирование" в практике переработки органических отходов.

У нас во Всесоюзном институте животноводства разрабатывается и другое направление - использование животных в переработке органических отходов, в частности свиного навоза. Для этого используются личинки комнатной мухи. Навоз слоем около 20-30 сантиметров помещают на решетчатое основание, его заселяют личинками специально разводимых мух. По мере созревания готовые окуклиться личинки мигрируют вниз, проваливаются сквозь решетку, и их собирают со специально подставляемых листов. Собранные личинки после запаривания представляют собой ценный источник белковой пищи для свиней и домашней птицы, а получаемый компост - удобрение, обладающее противонематодным действием в теплицах.

Агроценозы сегодня и завтра. Диалектика плодородия

В. Р. Вильяме, создавший в 30-е годы учение о плодородии почв, определял плодородие как способность почвы удовлетворять потребности растения в воде и питательных веществах. Сейчас в понятие "плодородие почв" включают

правильно организованную технологию выращивания сельскохозяйственных растений, не зависящую от капризов природы. Естественное же плодородие рассматривается лишь как часть потенциала почвы.

Почва - продукт длительного изменения поверхностного слоя горных пород под действием живых организмов, воды, воздуха. Не будем забывать, что и сами горные породы - плод биосферы, таков же воздух, таков же химический состав веществ грунтовых вод.

А вот организмы, которые живут в почве, меняются очень мало. "Сонное царство", "заторможенная эволюция", "живые ископаемые" - такие выражения здесь вполне правомочны. Древнейшие из известных ученым экосистем прокариотные, состоящие из микроорганизмов, существ безъядерных, прекрасно чувствуют себя в почве. До сих пор микроорганизмы связывают воедино все круговороты органических веществ, осуществляют фиксацию азота, регулируют круговорот фосфора, обеспечивают разложение органических соединений.

Именно микробы, их биоценозы из сине-зеленых водорослей и бактерий, которые существовали в мелких водоемах на протяжении трех миллиардов лет в гордом одиночестве, подготовили условия для появления животных и растений. Эти новые высокоорганизованные существа не заменили прежние микробные экосистемы, а только усложнили, надстроили их, удлинители в них пищевые цепи. Функцию переработки органики, которую образуют растения, со временем взяли на себя животные, но они не доводят разложение до конца, работают "рука об руку" с микробами. Только так обеспечивается круговорот веществ. Если мы говорим, что нет почв без животных, то в еще большей степени это относится к микробам, которые участвуют в биогенном круговороте. И гораздо активнее.

Все это необходимо иметь в виду, говоря о диалектике плодородия: оно менялось в разные геологические периоды по мере эволюции почвенного покрова. Не сразу у наземных растений развились мощные корни, способные высасывать воду и питательные вещества с большой глубины. Не сразу сформировались комплексы микробов и животных, способные перерабатывать растительные остатки. Поэтому в палеозое, как полагают, почвы были маломощные, поверхностные, сплошь покрытые толстым слоем мертвого растительного опада.

Теперь в агроценозах плодородие почв во многом обеспечивает человек, помогая живым организмам почвы удовлетворить потребности сельскохозяйственных растений в минеральных солях, воде, воздухе, для дыхания корней.

Но уже сейчас возникают ситуации, когда человек вынужден сам сотворить землю, не прибегая к помощи других живых существ, но искусственно создавая условия для роста растений, аналогичные природным. Такие почвы создали белорусские химики на основе ионитов - искусственных материалов, напоминающих своеобразную химическую губку. Разница в том, что впитать эта "губка" может любые химические вещества, а выжать из нее ничего не удастся, разве только обменять один ион на другой.

Внешне эта почва оказалась похожей на вату, на ней хорошо росли капуста, укроп, другие овощи. Ее можно в избытке насытить нужными растениям

ионами на многие годы, а в обмен она будет связывать ненужные ионы корневых выделений. Такие почвы побывали уже на космических кораблях, с ними работали космонавты Климук и Коваленок, Губарев и Гречко, Рюмин и Попов.

Найдут они применение и в земных теплицах.

Но пока на Земле заботой земледельцев является повышение плодородия естественных почв на десятках и сотнях миллионов гектаров. Решить проблемы повышения плодородия почв может только тесный союз земледельцев с наукой, необходимость которого так требовательно была подчеркнута на апрельском Пленуме ЦК КПСС 1985 года.

Фундамент аграрного цеха

Под пашней сейчас в СССР занято 227 миллионов гектаров, то есть на каждого жителя приходится 0,84 гектара. Однако в целом по стране природные возможности далеко не идеальны. Достаточно сказать, что две трети посевов зерновых размещается в зоне недостаточного увлажнения. Потенциальное плодородие наших почв вдвое ниже, чем, скажем, в США. Следовательно, на единицу продукции требуется вдвое больше затрат труда.

Восполнение, умножение силы пашни - важнейшая задача растениеводства.

За последние годы удалось резко повысить продуктивность многих сортов прежде всего за счет улучшения питания. Но чудес в природе не бывает: взятое у земли падо вернуть с лихвой. В Нечерноземной зоне за сезон расходуется с гектара свыше тысячи килограммов гумуса. Возвращается же в почву примерно половина.

Ничего страшного, уверяют агрономы, все можно поправить с помощью минеральных удобрений, паров. Опасное заблуждение: туки без органики малоэффективны.

Ее применение, правда, постоянно растет и достигло миллиарда тонн. Многие хозяйства Белоруссии, Подмосковья на гектар вносят по 13-19 тонн компостов, а вот в Рязанской, Тульской и ряде других областей - всего лишь по 4 тонны - втрое-вчетверо меньше нормы.

Наука и практика располагают богатым арсеналом средств для повышения плодородия, роста урожайности.

Среди них надо особо отметить новые способы обработки почвы, открытые дважды Героем Социалистического Труда Т. С. Мальцевым.

Разработанные им методы по праву стали называться мальцевской системой земледелия. На его идеях воспитывалось не одно поколение сибирских агрономов, мастеров высоких урожаев. Еще в начале 40-х годов он пришел к выводу о необходимости заменить пахоту безотвальной и поверхностной обработкой. Проведенные в колхозе "Заветы Ленина" опыты, когда зерновые засеивались по непаханой почве, показали, что многолетние и однолетние растения, которые раньше делили на "разрушителей" и "восстановителей" плодородия, оставляют органических веществ в земле больше, чем потребляют их.

Так Т. С. Мальцев сформулировал главную задачу безотвальной обработки помогать однолетним растениям систематически улучшать почвенное плодородие.

Широко известной на Западе теории "убывающего плодородия" Т. С. Мальцев противопоставил теорию плодородия возрастающего. В основе ее - мысль о том, что необходимо максимально учитывать закономерности почвообразовательного процесса и приспособлять к ним агротехнику.

Традиционная вспашка резко изменяет условия жизнедеятельности микроорганизмов, усиливает аэробные процессы, разрушает структуру почвы. Т. С. Мальцев пришел к выводу, что ежегодно глубоко поле пахать нельзя, нужно проводить лишь мелкое поверхностное лушение. Чтобы окультуривать не только верхний, но и нижние слои, создать более благоприятный водно-воздушный и пищевой режимы, наряду с поверхностной обработкой он предложил в паровом поле глубокое безотвальное рыхление.

Открытие Т. С. Мальцева стимулировало поиски других ученых. Исходя из почвенно-климатических условий Северного Казахстана, во ВНИИ зернового хозяйства под руководством академика ВАСХНИЛ, Героя Социалистического Труда А. И. Бараева разработали почвозащитную систему, основанную на плоскорезной обработке с максимальным сохранением стерни. Это новшество позволило приостановить на огромных площадях ветровую эрозию.

Со временем безотвальная обработка распространилась в Западной Сибири, на Алтае, в Поволжье, на Северном Кавказе, в Нечерноземной зоне, на Украине и в других районах.

Рекомендуя свой метод, Т. С. Мальцев, однако, предостерегает от его слепого копирования. "Одно мы считаем делом общим, - пишет он, - это стремление заставить однолетние растения систематически улучшать условия почвенного плодородия. От этого нужно и отправляться".

Но новая система пробивает себе дорогу медленно. Нелегко избавляться от старых привычек, от глубокого плуга. По мнению А. И. Бараева, такой плуг, некогда изобретенный в странах, где выпадает много осадков, сначала сыграл положительную роль, подняв из более глубоких слоев питательные вещества. Сейчас же этот резерв в значительной мере исчерпан. Теперь надо делать ставку на растительный покров, который обеспечит почву нужным количеством гумуса. И тут на помощь приходит почвозащитная система.

Высокопродуктивные почвы - важнейшая предпосылка человеческой жизни и основа экологических процессов, благодаря которым люди извлекают из биосферы жизненно необходимые питательные вещества. И значение почв отнюдь не снижается, как бы ни были велики научно-технические достижения современного сельского хозяйства. Ибо, несмотря на новейшие методы производства пищевых продуктов, не зависящие от почвенных условий, все же в обозримом будущем никакой практической альтернативы почвам соответствующего качества не видно.

Совместное творение природы и человека - так называемые огородные почвы. Люди сумели добиться того, что они стали намного плодороднее всех почв лесной зоны. Орошаемые почвы Средней Азии - тоже результат многовековой земледельческой культуры.

Земельные ресурсы

Чтобы вести правильную экономическую политику, необходимо знать, какова площадь обрабатываемых земель и возможность расширения земельного фонда, какова продуктивность почв и насколько она может быть увеличена.

История сельского хозяйства красноречиво свидетельствует о том, что человечество, стремясь освоить как можно больше земель, распахивало почвы, не обращая внимания на отрицательные последствия своей деятельности. Между тем развитие земледелия "вширь" имеет свои пределы. Площадь равнин, пригодных для земледелия, составляет более 40 процентов всей поверхности суши. Но многие территории слишком холодны для земледелия, другие заболочены. И на поверку оказывается, что площади, которые можно распахать, составляют всего шесть процентов поверхности суши, то есть около девяти миллионов гектаров. При этом большая часть еще не распаханых земель или используется под пастбища, или занята лесами.

Сокращать же площадь лесов явно нецелесообразно.

Помимо того, что леса являются источником самых разнообразных продуктов и древесины, они выполняют такое множество охранных функций в природе и так благотворно влияют на все другие ресурсы, что их уничтожение, как правило, себя не оправдывает.

И тем не менее история земледелия была, по существу, историей сведения лесов. В зоне смешанных и широколиственных лесов их площади сократились на 40- 50, в зоне средиземноморских сухих лесов - на 70-80, в зоне муссонных лесов (особенно в зарубежной Азии) - на 85-90 процентов. На Великой Китайской и ИндоГангскоп равнинах осталось менее пяти процентов лесов.

И сейчас их энергично продолжают уничтожать в тропических странах, где потребности в продовольствии настолько остры, что единственным средством обеспечения населения продуктами питания при существующем уровне развития сельского хозяйства является расширение посевных площадей.

Одна треть распаханых почв - в Европе, одна пятая - в Азии, одна пятая - в Америке, одна десятая - в Африке, и одна двадцатая - в Австралии и Океании.

На одного человека в мире в среднем приходится 0,35 гектара. Правда, в эту площадь входят почвы, занятые хлопчатником и льном, а также другими техническими, непродовольственными культурами, но зато в нее не включены пастбища и сенокосы, продукция с которых идет для выращивания и откорма скота. Если же учитывать пастбища и сенокосы, то площадь такого участка возрастет до одного гектара.

Именно такова "норма" на человека в большинстве стран Центральной Европы. Но амплитуда колебаний здесь очень велика. В Японии этот показатель составляет 0,07 гектара, в Египте - 0,10, в СССР и США - более 2, в Канаде - более 3, в Аргентине - более бив, Австралии - более 40 гектаров.

Сколько человечество еще может освоить земель? И в каких местах? В полярном поясе, где распространены арктические пустыни и тундры, общая площадь земель - шесть миллионов квадратных километров. Из них используются всего около двух процентов - в основном как олени пастбища. Именно их можно увеличить, доведя до трех-четырёх процентов.

В северной и центральной частях таежной зоны резервы более основательны: от двух процентов в северной части и до пятнадцати - в южной части тайги. Ввести в строй эти земельные площади поможет осушение заболоченных почв.

Основные массивы пахотных земель располагаются в южной части умеренного и наиболее увлажненных частях субтропического пояса северного полушария. Наиболее широко используются в земледелии черноземы, бурые и серые лесные почвы. К северу и югу от этих зон площадь пашни и степень земледельческого использования территорий уменьшаются.

Наиболее полно в умеренном поясе используются степи, площадь которых равна почти двум миллиардам гектаров.

Чернозем издавна был главной "хлебной" почвой России. Его происхождение научно обосновывал еще М. В. Ломоносов, писавший, что он возникает от "соединения растительных остатков". До революции 100-200-пудовые урожаи (16-32 центнера) пшеницы с одного гектара без внесения удобрений с затратами только на вспашку делали чернозем действительно "царем почв" (такое определение дал чернозему В. В. Докучаев).

Производить зерно в степи оказалось выгоднее, чем в других зонах; здесь без всяких удобрений удавалось получить до 40 центнеров первоклассного зерна знаменитых русских "твердых" пшениц, без которого невозможно ни выпекать высшие сорта хлеба, ни готовить лучшие макаронные изделия.

Изучение черноземных почв навсегда связано с именем великого русского почвоведом В. В. Докучаева.

Человечество давно интересовалось этими почвами.

Но только у Докучаева они стали объектом научных исследований. Над своей книгой "Русский чернозем" Докучаев работал более пяти лет. Он объездил почти всю черноземную зону европейской части страны, изучал по заказу земства также почвы Нижегородской губернии, совершенствовал методы полевых исследований, создавал основы генетической классификации почв.

К осени 1883 года книга была закончена. Ее издало Вольное экономическое общество, и она сразу же привлекла к себе внимание.

Защищать русский чернозем Докучаеву пришлось не только тогда, но и всю жизнь. С горечью писал он о хищническом отношении к почвам, об их истощении, называл прямых виновников, вырубавших лесные насаждения хранителей влаги в степных районах.

Собранные Докучаевым образцы почв, дополненные образцами из других, нечерноземных губерний, были показаны на Всероссийской промышленно-художественной выставке в Москве в 1882 году и на Всемирной выставке в Париже в 1889 году. На обеих выставках образцы были отмечены золотыми медалями. Докучаев так подробно описал чернозем (его строение, распространение, плодородие, образование), что даже спустя сто лет после выхода его работы мало что можно прибавить к его характеристике.

Труды ученого не утратили актуальности и поныне.

В "Русском черноземе" приведены данные о содержании гумуса в 290 почвенных разрезах. Сопоставляя их с нынешними, исследователи получили возможность определить, как изменился плодородный слой за сто лет. Итоги, к сожалению, не всегда оказывались удовлетворительными. В ряде мест

содержание гумуса понизилось. Причина - недостаточное внесение органических удобрений, последствия эрозии пашни, нарушение севооборотов. Помимо чернозема, осваивались и другие, в частности, более южные почвы - каштановые. С их обработкой связана великая целинная эпопея 50-х годов.

Ныне грандиозные проекты связаны с освоением еще более южных полупустынной и пустынной зон. Почвы там плодородные, тепла достаточно, чтобы собирать два урожая в год, так что при правильном орошении можно планировать только за счет этой природной полосы расширение посевов еще на 1 миллион квадратных километров.

О том, что растениям необходима влага, знали еще древние земледельцы Шумера, Китая и Египта. Но сколько ее нужно? Пшеница на широте Москвы поглощает на одном гектаре тысячу тонн воды, в сухих степях Заволжья - две тысячи тонн (могла бы и больше, но в почвах ее уже не хватает). Таким образом, для орошения тысячи гектаров требуется в течение лета два миллиона тонн воды. Если учесть, что часть ее испаряется, не попадая в растения, часть фильтруется в глубокие слои почвы и тоже проходит мимо растений, то эту цифру надо увеличить.

Сейчас в мире орошается не менее 100 миллионов гектаров. Красно-бурые почвы пустыни, сероземы, светлокаштановые почвы испытывают постоянную нехватку воды, орошение вторгается в пустыни. Но чтобы расширить его площадь, надо строить каналы, а обходится это очень дорого.

Ожившие пустыни северного Прикаспия, в Каракалпакии и северном Дагестане, Каракумский канал в Туркмении - убедительные доказательства того, какое это благо - орошение засушливых земель. Но откуда же взять воду для полива, которой не хватает и в других зонах? Немалые надежды связаны сейчас с проектом переброски части стока северных рек на юг. Проект этот очень сложен и требует оценки всех экономических и экологических исследований.

География поливов расширяется. Орошение продвинулось не только на юг, но и далеко на север. В летние месяцы поливают даже дерново-подзолистые почвы. Но в этом случае орошение должно обязательно сопровождаться внесением удобрений.

Осторожно: горизонт плодородия

На всем земном шаре почва подвергается губительным воздействиям. Продуктивность ее падает из-за эрозии, сведения лесов, засоления, подкисления, расширения городов, строительства дорог, аэропортов и промышленных предприятий, а также в результате применения химикатов.

В ряде районов планеты почва страдает от неправильной обработки и от чересчур интенсивной эксплуатации.

Почва нуждается в бережном отношении и заботливом уходе. Высокие урожаи обеспечивают прежде всего удобрения, восполняющие потерю питательных элементов, которые уходят с урожаем. Там, где выпадает много осадков, например на подзолистых почвах, удобрения могут очень быстро вымываться из верхних горизонтов и попадать в грунтовые воды. И тогда они бесполезны для растений. Более того, накапливаясь в грунтовых водах, нитраты, соли азотной кислоты, становятся вредными для человека и животных.

Большое количество осадков, превышающее испарение, и плохой отток воды из почвы с грунтовыми водами приводят к заболачиванию территории. Почва так

пропитывается водой, что из нее вытесняется весь воздух, и здесь могут развиваться только болотные растения. В лесной зоне очень часто заболачиваются сплошные вырубki, выемки вдоль железных дорог.

Заболачиванию в других зонах способствует неправильное орошение.

В засушливых районах почву подстерегают беды прямо противоположного характера - накопление солей в верхних горизонтах почвы и их иссушение, а это приводит к гибели растений.

Одна из главных опасностей, угрожающих почве, - эрозия.

Водная эрозия - смыв верхнего слоя почвы, разрушение ее поверхности, почвенных комков, нарушение связи между отдельными частицами, перенос частиц на более низкие участки и в реки. Когда смывается верхний плодородный слой, урожайность снижается на 60-70 процентов. Стекая по бороздам, колеям от колес, неглубоким западинам вдоль склонов, вода сначала образует промоины, которые постепенно увеличиваются. Если промоина глубоко врезалась в почву, так, что ее нельзя выровнять распашкой, она кладет начало оврагу. Овраги могут достигать в длину сотни километров. Известен случай, когда за одно лето стекающая после дождя с крыши фермы вода вырыла промоину, превратившуюся затем в овраг длиной в несколько километров.

Не менее вредна ветровая эрозия, так называемая дефляция. Воздушные потоки могут перекачивать почвенные частицы и отрывать их от земли. Ветер переносит их довольно далеко: известны случаи, когда они оказывались на расстоянии до 400 километров. При этом ветер подхватывает обычно самые мелкие и самые богатые питательными веществами частицы почвы. В результате плодородие снижается на 40-60 процентов. Ветер "выдувает" посевы, обнажая корни растений в одном месте, а в других местах наносит целые "сугробы" из почв, нередко высотой до одного-двух метров.

Исследования показали, что гумусовый слой черноземов - основной источник их плодородия - частично или полностью снесен примерно на половине их площади.

Эрозия столь же стара, как и земледелие, и является обычным следствием стихийной распашки земель. Она особенно усилилась в эпоху капитализма. Стремясь получить максимальную прибыль, владельцы земли уничтожали леса и производили распашку склонов. В царской России без всяких предосторожностей распахивались склоны крутизной до 15-20 градусов, в то время как агрономическая наука считает крайним пределом крутизну 6-8 градусов. В итоге эрозия поразила лучшие земли Украины и Центральной России. Там и сейчас можно встретить овраги глубиной до 70 метров. За один только год такой овраг может "съесть" до 10-15 гектаров пахотных земель.

За последнее столетие водная и ветровая эрозия в мире уничтожила около 2 миллиардов гектаров земель, то есть площадь, равную территории СССР, или 27 процентов всех сельскохозяйственных земель планеты. Убытки от эрозии составляют во всем мире около 100 миллиардов долларов в год.

Несмотря на ряд мер, площадь эродированных земель в США составляет около 300 миллионов гектаров, из них более 110 миллионов - пахотные земли. Но первое место в мире по масштабам ускоренной эрозии принадлежит зарубежной Азии. Развитию эрозионных процессов там благоприятствуют сплошная распашка земель (в муссонных районах), вырубка лесов на водоразделах,

преобладание пересеченного рельефа (3Д территории зарубежной Азии располагаются на высоте более 200 метров), наличие огромных площадей рыхлых отложений, сухость климата в сочетании с ливневым характером осадков.

Эрозия, как пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда, - это расплата за ошибки в земледелии, и борьба с ней требует серьезного научного, инженерного и экономического обоснования и больших капитальных затрат.

В нашей стране борьбе с эрозией уделяется большое внимание. ЦК КПСС и Совет Министров СССР в марте 1967 года приняли постановление "О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии", в котором указывается на* необходимость применения на сельскохозяйственных землях всего комплекса противозерозивных мероприятий с учетом природных и социально-экономических факторов, для того чтобы превратить эродированные земли в высокопродуктивные сельскохозяйственные и лесные угодья.

В истории нашей страны накоплен достаточный печальный опыт, связанный с воздействием засухи на урожай.

В 1891 году, например, засуха охватила 20 губерний.

Россия недобрала полмиллиарда пудов зерна. Крестьянские хозяйства были разорены, опустели целые деревни.

Причем засухи повторялись часто. И тогда подняли голос ученые. Докучаев писал: "Враги нашего хозяйства - ветры, бури, засухи - страшны нам только потому, что мы не умеем владеть ими". В статьях, публичных выступлениях ученый дал конкретные рекомендации, как предупредить трагические последствия засух.

Вскоре выходит его новая книга "Наши степи прежде и теперь". Весь доход от нее Докучаев передал в помощь голодающим. Блестяще написанная, убедительная, она и сегодня читается с захватывающим интересом. По его инициативе создается особая экспедиция департамента земледелия по изучению причин засухи. Организуются три опытные станции (участки) в Каменной степи под Воронежем, на водоразделе рек Дон - Донец и в сухой степи возле Таганрога. Под руководством Докучаева разводят лесополосы для защиты полей от суховеев, задержания талых вод. Закрепляются овраги, строятся водоемы, испытывается лиманное орошение. Лесополосы, посаженные Докучаевым, и ныне служат сельскому хозяйству.

Родиной степного лесоразведения является Россия.

Начало ему положил еще Петр I, заложивший в 1696 году в степи близ Таганрога дубовую рощу, которая должна была давать корабельный лес для Черноморского флота. Однако все попытки лесоразведения, которые предпринимались впоследствии в Южной России, диктовались именно потребностью в строительном и топливном материале. Поворотным моментом в истории отечественного лесоразведения стали работы экспедиции В. В. Докучаева.

В работе "Наши степи прежде и теперь" он в качестве одного из путей борьбы с засухой и неурожаем назвал степное лесоразведение.

В широких масштабах полезитное лесоразведение начало развиваться после Великой Октябрьской социалистической революции. В постановлении Совета Труда и Оборона от 29 апреля 1921 года "О борьбе с засухой", подписанном В.

И. Лениным, говорилось о необходимости развивать в государственных масштабах работы по облесению и укреплению оврагов и песков, особенно в районах Среднего и Нижнего Поволжья и Придонья.

В 1948 году Советом Министров СССР и ЦК ВКП(б)

было принято постановление "О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР", которое дало новый толчок развитию теории и практики степного лесоразведения.

Полезащитные лесные полосы, заметно ослабляя скорость ветра, регулируют температурный режим, способствуют равномерному распределению снега, повышают влажность воздуха и почвы в межполосном пространстве.

Благодаря лесным насаждениям значительно улучшаются физические свойства степных почв.

Под защитой лесных насаждений в зонах недостаточного увлажнения урожаи зерновых повышаются на 20- 30, овощных - на 50-75, кормовых трав - на 200 процентов.

Для полезащитных лесонасаждений требуется подбор местных засухоустойчивых сортов, тщательный уход за посадками, особенно в первые годы, правильный выбор мест для организации полос - преимущественно в низинах, куда поступает больше влаги с поверхностным стоком.

Очень важным средством борьбы с эрозией является безотвальная вспашка, предложенная Т. С. Мальцевым, которая оказалась очень эффективным средством, позволяющим противостоять засухе и пыльным бурям. При безотвальной обработке почвы на поле остается стерня, которая уменьшает скорость ветра над полем, задерживает снег и поверхностный сток с полей.

Очевидно, что борьба с эрозией почв в районах засушливого климата должна проводиться на больших площадях, и эффективной она может быть только в условиях общественной собственности на землю. При раздробленном, частнособственническом землепользовании неурожаи в зонах неустойчивого увлажнения неизбежны.

Процесс обработки почвы приводит к усилению минерализации органических и гумусовых остатков, распылению и потере питательных веществ. В результате потери гумуса из-за нерационального использования земель составляют 0,25-0,5 тонны на гектаре в год. Это отрицательно сказывается на сельскохозяйственном производстве, так как приводит к снижению урожаев в два-три раза.

Сокращение запасов гумуса в биосфере имеет не только хозяйственное, но и большое экологическое значение.

Биологическая продуктивность всей нашей планеты опирается на нормальное функционирование почвенного покрова, которое в первую очередь определяется состоянием гумусового слоя. Именно благодаря наличию гумусового горизонта почвы выступают как универсальный общеземной аккумулятор и распределитель энергии, необходимой для нормального обмена и круговорота вещества в ландшафтах.

Когда человек обрабатывает землю с помощью сельскохозяйственных орудий, почвенные частицы неизбежно разрушаются и почва превращается в плотную, бесструктурную массу, что ухудшает ее водно-физические и воздушно-

физические свойства. Истощенные почвы гораздо сильнее подвержены эрозии, больше страдают от ветра, на них бурно растут сорняки. Все это, естественно, снижает урожаи. Многие века человек не умел управлять этими процессами, что неизбежно обрекало землю на истощение. Содружество науки и практики позволило создать рациональную систему земледелия, предусматривающую внесение органических и минеральных удобрений, периодическое травосеяние, высококачественную агротехнику. Стало возможно не только сохранение плодородия почв, но и существенное улучшение их свойств. Последнее чрезвычайно важно, если учесть, что во многих районах планеты территория, пригодная для посевов, не расширяется, а сокращается. Стремительно растут города - не только ввысь, но и вширь, прокладываются дороги, строятся заводы, аэродромы и масса других объектов.

Многие уникальные месторождения полезных ископаемых открыты именно там, где плодородные почвы. В нашей стране только за последние три пятилетки уже изъято около 5,5 миллиона гектаров угодий. А если взять всю планету, то ежегодно исчезает 14 миллионов гектаров пахотных земель, 6 миллионов гектаров пастбищ и 18 миллионов гектаров лесов. Если к этому прибавить еще потери, связанные с биологической деградацией, то станет ясно, насколько снижается способность нашей планеты производить пищевые продукты, не говоря уже о нарушениях в жизненно необходимом круговороте веществ через биосферу.

Экология и управление биосферой

Стремительный XX век с его огромными техническими достижениями и поразительными открытиями принес с собой и немало проблем, вызывающих все большую тревогу. Одна из них связана с охраной окружающей среды и рациональным использованием природных ресурсов.

Покорение природы, которым так гордится человек, нередко оборачивается расхищением ее богатств.

А ведь от сохранения и преумножения биологических ресурсов земли в конечном счете зависит судьба всего человечества. И здесь роль науки трудно переоценить.

Проблемами, связанными с использованием природных ресурсов, в той или иной мере занимаются многие науки. У каждой из них свой круг теоретических и практических вопросов, чаще всего связанных с определенной отраслью народного хозяйства. Общие же проблемы решает экология - наука об управлении живым покровом Земли.

Экологию интересует взаимодействие организмов и среды, которое определяет развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику популяций, развитие сообществ животных, растений и микроорганизмов, а также воздействие на все эти организмы хозяйственной деятельности человека.

Эта ныне бурно развивающаяся наука возникла на стыке нескольких отраслей знания. Формальной датой ее рождения обычно считают 1869 год, когда выдающийся немецкий эволюционист и зоолог Э. Геккель придумал сам термин "экология", дословно обозначающий: наука о жилище, местопребывании,

убежище. Геккель определил задачу экологии: изучение взаимоотношений с органической и неорганической средой, с другими организмами.

Сейчас взаимоотношениями организма с окружающей его средой, путями приспособления, механизмами адаптации занимается так называемая факториальная экология, экология особей.

Но особи в природе не существуют сами по себе, они живут общностями, популяциями, которые развиваются по своим законам, и законы эти должны раскрыть тоже экология, правда, во взаимодействии со смежными науками - демографией, популяционной генетикой и т. д.

Так возник в начале XX века второй раздел экологии - экология популяций.

Однако и популяции не существуют в отрыве от окружающей среды. Вода, почвы, воздух, климат определяют, где им жить, а где - нет. Да и в своей "экологической нише" популяция любого вида обитает не одна, ей приходится делить место под солнцем с бесчисленным множеством других, живых существ, жить в составе сообществ, тесно взаимодействующих с неживой средой.

А это предмет исследований еще одной области науки - биогеоценологии. Так предложил ее называть выдающийся советский ботаник и лесовед Герой Социалистического Труда академик В. Н. Сукачев.

Впервые понятие "биогеоценоз" Сукачев употребил в 1940 году. Так стали обозначать однородный участок земной поверхности с определенными, притом неслучайными живыми (микробы, растения, животные) и косными (почва, вода, воздух) компонентами в их динамическом взаимодействии.

Несколько раньше, в 1935 году, английский ботаник А. Тенсли ввел в научный обиход термин "экосистема".

Им он обозначил единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и неживые компоненты связаны между собой через обмен вещества и энергии. В отличие от биогеоценоза экосистема "безразмерна", она не ограничена рамками Конкретного ландшафта. Экосистемой можно называть и Мировой океан, и комнатный аквариум. Именно поэтому таким понятием удобно пользоваться при теоретических изысканиях, в математических моделях.

В каждом конкретном биогеоценозе изменение условий существования влияет на численное соотношение видов и даже видовой состав. За примерами ходить недалеко - достаточно вспомнить, к чему приводит заболачивание или высыхание водоемов. Этот общеизвестный процесс принято называть сукцессией. В результате сукцессионных изменений не только существование отдельных видов в данном биогеоценозе, но и само существование биогеоценоза ограничено во времени.

Конечно, не все виды одинаково реагируют на изменения среды. Одни переносят их легко и дольше сохраняются на данном участке, другие не выдерживают и либо гибнут, либо переселяются в другие места. Это относится не только к отдельным особям, но и ко всей популяции, которая обречена на вымирание, если хотя бы часть ее не спасется. Так что расселение наряду с размножением можно считать одной из основных функций живого организма.

Расселение играет определенную роль в эволюции видов. Осваивая новую территорию, животные приспособляются к новым условиям, вырабатывая в

себе новые качества. В свою очередь, благодаря пм может изменяться и окружающая среда.

Степь рассматривают как растительную формацию, способную существовать длительный срок. Однако устойчивость ее как биогеоценоза связана с теми изменениями растительного покрова, которые вызываются деятельностью других компонентов. Например, копытные, грызуны и даже саранчовые, влияя на состояние степного покрова, способствуют стабилизации степной растительности.

Локальные изменения растительного покрова (и соответствующие изменения других компонентов биогеоценоза)

очень важны для сохранения общего облика степного биогеоценоза. На порях грызунов возникают специфические микроассоциации растений. Так, в ковыльно-типчаковых степях Восточной Украины на порях слепышей появляются всходы многих растений, в том числе таких видов, которые становятся сорняками на освоенных землях и не встречаются на задерненных участках.

Закономерно направленные изменения биогеоценозов - фактор, влияющий на популяции отдельных видов, на ход естественного отбора. Особый интерес вызывают изменения, связанные с сельскохозяйственной практикой, кардинально меняющей условия существования всех компонентов биоценоза и качественно изменяющей биотоп.

Существует довольно распространенный взгляд, будто естественные биоценозы и комплексы организмов, возникающие на полях и в садах в результате деятельности человека, - явления принципиально отличные. Это не так. Во-первых, все без исключения биогеоценозы в той или иной степени уже практически затронуты человеческой деятельностью. А во-вторых, между более или менее ненарушенными биогеоценозами и комплексами организмов, возникшими вместо них на освоенных землях, - сложная гамма переходов: например, от естественных лугов или степей через сенокосы и пастбища к многолетним сеяным травосмесям, многолетним травам, непропашным культурам и, наконец, к пропашным культурам, если говорить о землях, занятых под полевые культуры. Аналогичные ряды прослеживаются от лесов, искусственно восстановленных на месте сведенных, через лесные монокультуры к садам с задерненными междурядьями и т. д.

Основное отличие агроценоза от естественного биогеоценоза в том, что вместо исторически сложившегося обычно многовидового растительного покрова участок поверхности суши, представляющий агроценоз, занят посевом растения, однородный характер которого иногда нарушен только сопутствующими сорняками. Культивируемому растению человек облегчает борьбу за существование. Формирование комплексов организмов, заселяющих посевы культурных растений и выживающих на них, подчиняется тем же закономерностям, которые управляют и формированием естественных биоценозов. Значит, все посевы и посадки культурных растений можно рассматривать как своеобразные "вторичные" биоценозы.

Каждая наука, и это ясно видно на примере экологии, вызывается к жизни потребностями общества, производства, вырастает из той сокровищницы знаний, которые были накоплены ранее в процессе хозяйственной деятельности.

Факториальная экология опиралась на опыт животноводства, популяционная экология - на опыт охотничьего хозяйства и борьбы с вредителями, биогеоценология выросла из практики лесоводства, генетического почвоведения В. В. Докучаева и из биогеохимии В. И. Вернадского. Но ведь и биогеохимии предшествовала полувековая практика применения минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

В конце 60-х годов создателем первого в нашей стране центра экологических исследований - Института экологии растений и животных Уральского научного центра Академии наук СССР в Свердловске - академиком С. С. Шварцем было сформулировано положение об "антропогенезации" экологии, то есть о том, что экология должна обратиться к решению проблем, которые рождает взаимодействие человека и живой природы. Уточним: бездумное "взаимодействие" сплошь и рядом может оказаться печальным для обеих сторон: дикие растения и животные погибнут, а человек окажется на самом собой созданном пустыре. Какое же отношение имеет экология к нашей теме?

Самое непосредственное. Ведь почвенное плодородие - результат не только продуманной заботы земледельца, но и итог жизнедеятельности сообщества организмов - обитателей почвы. Управлять почвенными экосистемами можно, только базируясь на принципах экологии, обеспечить плодородие земель на многие годы вперед способен лишь этот путь.

Интересно, что почвенные обитатели не только очищают почву от гниющих растительных и животных остатков. Многие из них могут разлагать ДДТ и другие органические ядохимикаты, используемые в сельском и лесном хозяйстве, захоранивать продукты промышленных загрязнений. Именно эти незаметные существа поддерживают в чистоте наш общий дом - Землю.

И именно почвенные животные первыми принимают на себя удар, когда человек неразумно относится к природе. Ведь всякое изменение, любые нарушения окружа

ющей среды отражаются на почве, любые частицы, загрязняющие воздух, в конце концов попадают в почву. Поэтому почвенные животные - универсальный биоиндикатор, сигнализирующий о состоянии окружающей среды и даже о направлении почвообразовательного процесса.

Экологию и сельское хозяйство роднят не только общие фундаментальные идеи в настоящем, не только одни заботы на будущее, но и... общее прошлое. Выдающийся генетик Н. И. Вавилов говорил, что в сельском хозяйстве основа - растениеводство. Не земледелие, которое является всего лишь способом обеспечить рост растений, а именно выращивание сельскохозяйственной продукции.

Не случайно растениеводы пришли к мысли о биологической продуктивности, которая регулируется и человеком, и природными факторами.

В сельском хозяйстве возникли идеи о минеральном питании растений, о биоенном круговороте элементов и о том, что его можно регулировать, внося органические и минеральные удобрения. Здесь же нашли первое применение идеи о потоке энергии в сообществе живых организмов - то, что сейчас называют экологической биоэнергетикой. Так что принципы экологии рождались на основе огромного опыта сельскохозяйственной науки и практики, которыми они уже располагали к середине прошлого века.

Как обращаться с землей, чтобы добиться наибольшего плодородия? Испокоин веков это было главной заботой земледельца. Современная наука экология распространила принципы разумного хозяйствования на всю биосферу. И речь уже идет не только о получении нужной человеку продукции, но и о воздействии на среду обитания самого человека. Академик С. С. Шварц писал, что миллионы веков биосфера поддерживала оптимальное соотношение важнейших для жизни элементов, но нескольких десятков лет промышленной революции оказалось достаточно, чтобы нарушить это равновесие. А оно грозит такими глобальными последствиями, как, например, неблагоприятные изменения климата. Поскольку биосфера не имеет территориальных границ, многие экологические проблемы могут быть решены только совместными усилиями на базе широкого международного сотрудничества. По существующим расчетам, уже сейчас США и ФРГ потребляют больше кислорода, чем вырабатывается растительностью этих стран, и, следовательно, они бесплатно "эксплуатируют"

кислород, поступающий извне. Международный характер имеет и проблема эксплуатации живых ресурсов Мирового океана, а также стад мигрирующих животных, которые к тому же переносят из страны в страну многие инфекционные заболевания.

Борьба с загрязнением окружающей среды - предмет заботы каждого государства. Но не только его! К сожалению, опасность становится все более глобальной.

Считается, например, что многие скандинавские озера лишились рыбы в результате отравления воды загрязненными осадками, но не своими, а чужими: их источниками являются Англия и центральноевропейские страны. Еще больше страдают реки, протекающие по территории нескольких государств (например, Рейн или Дунай). Это, так сказать, стихийные процессы. Еще страшнее сознательное уничтожение природы путем применения дефолиантов, разрушения оросительной и дренажной систем, сведения лесов и т. д. Так действовал американский империализм во Вьетнаме, чтобы подорвать его экономику.

Советский Союз в 1974 году предложил заключить конвенцию о запрещении воздействия на природную среду и климат в военных и иных целях, несовместимых с интересами обеспечения международной безопасности, благосостояния и здоровья людей. Эти предложения одобрила XXIX сессия Генеральной Ассамблеи ООН подавляющим большинством голосов.

Агроценология - это актуально

О бережном использовании природных ресурсов ярко и убедительно говорилось на XXV съезде КПСС:

"Можно и нужно облагораживать природу, помогать природе полнее раскрывать ее жизненные силы. Есть такое простое, известное всем выражение "цветущий край". Так называют земли, где знания, опыт людей, их привязанность, их любовь к природе поистине творят чудеса. Это наш, социалистический путь. Следовательно, мы должны рассматривать сельское хозяйство как огромный, постоянно действующий механизм охраны, культивирования живых природных богатств. И природа воздаст нам сторицей".

Чтобы на научной основе в широких масштабах решать поставленные задачи, необходимо дальнейшее развитие экологической науки. Когда речь идет о сельском хозяйстве, то низшей ячейкой экологического подразделения земель можно считать агроценоз - созданную человеком на ограниченном участке земной поверхности экологическую систему для производства той или иной продукции.

Сельскохозяйственная деятельность - древнейшая форма воздействия человека на окружающую среду.

Изучение агроценозов и в традиционных земледельческих районах, и на вновь осваиваемых землях дает возможность понять те глубокие изменения, которые происходили и происходят в естественной среде, определить их направление и избавиться от некоторых их отрицательных последствий.

Именно агроценология должна стать фундаментальной биологической основой многих сфер современной сельскохозяйственной науки (организация сельского хозяйства, полеводство, луговое хозяйство, защита растений и т. д.). Немецкий зоолог К. Мебиус, который в 1890 году ввел термин "биоценоз", указывал, что деятельность человека вовсе не обязательно должна противостоять естественному развитию.

В нашей стране горячим пропагандистом агроценологии как важного направления экологии выступал крупный энтомолог, президент Энтомологического общества СССР, член-корреспондент Академии наук СССР Г. Я. Беп-Биенко. Его исследования саранчовых насекомых в 1952 году отмечены были Государственной премией СССР, они во многом способствовали искоренению этого давнего врага южного земледелия, о котором едко и образно писал А. С. Пушкин: Саранча летела, летела Сидела, сидела, и села; все съела, и вновь улетела.

На примере саранчи и других вредителей растений Беп-Биенко доказывал закономерный характер образования сообществ насекомых на полях, как и в естественных биогеоценозах.

Интереснейшие явления наблюдаются в таких своеобразных агроценозах, какими являются поливные земли, особенно рисовые поля. Рис - самая урожайная зерновая культура на земле, к тому же в тропиках он дает два урожая в год. Рисовые поля большую часть времени залиты водой, поэтому на них формируется совершенно особый биоценоз - из пресноводных и из почвенных животных.

Из тех водоемов (рек, каналов, озер), откуда поступает поливная вода, заносится множество пресноводных животных: личинки амфибий, пиявки, водяные насекомые, моллюски, рыбы, водяные ужи и т. д., которые в мелких, хорошо прогреваемых солнцем и хорошо снабжаемых кислородом водоемах (а именно таковы рисовые поля) обретают прекрасные условия для развития и размножения. Не случайно везде в тропиках с рисовых полей получают еще и дополнительный урожай в виде пресноводных животных: рыб, моллюсков, лягушек, ракообразных. Что же касается почвенных животных, то им зачастую живется совсем неплохо: на поливных землях расселяются дождевые черви, влаголюбивые насекомые и клещи, некоторые моллюски.

Случается, что на поливные земли проникают и размножаются там весьма нежелательные существа, например, на рисовых полях в Каракалпакии в массе

развиваются личинки слепней, которые становятся бичом для крупного рогатого скота. Взрослые слепни тоже хорошо себя чувствуют при обилии влаги: в жаркий день они "пикируют" на поверхность водоема и пьют воду на лету, едва коснувшись ее.

Слепни - назойливые кровососы, не щадящие ни человека, ни домашних животных, особенно коров и лошадей. В южных оазисах они могут превратить весной и в начале лета жизнь в сущий ад. Вспоминается курьезный случай: один из наших зоологов в Бадхызском заповеднике в южной Туркмении решил избавить обитателей одного из кордонов от слепней и отравил теофосом единственную лужицу, из которой слепни пили воду. Каково же было удивление обитателей кордона, когда на следующий день они собрали 7 ведер мертвых слепней - такая масса кровососов ежедневно обрушивалась на обитателей двух маленьких домиков в пустыне.

Как видим, на рисовых полях создается совершенно особый комплекс животных, не похожий ни на что в прежнем естественном ландшафте.

Были выяснены и общие закономерности заселения пахотных земель "дикими" видами растений (сорняками), животными и микроорганизмами на всех широтах и во всех природных зонах. Оказалось, что исходными ландшафтами, откуда издавна шло заселение сельскохозяйственных земель и образование агроценозов, были поймы рек, лесные поляны, остепненные участки среди лесной зоны, побережья моря. В результате хозяйственной деятельности древних земледельцев (выжигание и раскорчевка леса, регулирование пойм, осушение болот, распашка и использование под пастбища естественных лугов, создание участков поливных земель)

складывались сообщества организмов, происхождение которых сейчас не составляет труда восстановить.

Но формирование агроценозов активно происходит и в наше время. Применение гербицидов, высоких доз минеральных удобрений, глубокая, многократная механическая обработка почвы, все более полное использование наземной растительной массы заметно изменяют экологическую ситуацию на полях. Постепенно сокращается и исчезает фауна, связанная с сорняками; складывается комплекс видов, которые способны быстро заселять поля, где есть полезащитные полосы, межи, сады; с юга активно продвигаются теплолюбивые виды микрофауны (в пахотных почвах европейской части СССР успешно расселяются средиземноморские виды клещей); новые организмы появляются на полях вместе с посадочным материалом.

К окружающей среде успешно приспосабливаются даже пришельцы с других материков: колорадский жук и филлоксера (вредитель корней винограда) в Европе, тропические виды дождевых червей рода феретима в теплицах и т. д.

Чтобы пресечь распространение вредных для человека видов, создана особая служба защиты растений, специальный контроль установлен на всех государственных границах, карантинные обязанности возлагаются и на таможенную службу. Все это дает весьма ощутимые результаты: в нашей стране нет многих опаснейших вредителей хлопчатника, технических культур, овощей и т. д. - пресечь границу им не удалось.

Таким образом, на обрабатываемых землях формируются комплексы видов, столь же закономерные и повторяющиеся в сходных условиях, как и в естественных ландшафтах.

Борьба с вредителями - проблема экологическая

Сельскохозяйственная практика - это не что иное, как своего рода грандиозный экологический эксперимент. На посевах и посадках культурных растений формируются особые биоценозы - агроценозы, в которых человек создает благоприятные условия только для возделываемых растений. Но при этом начинает действовать дополнительный жестокий фактор естественного отбора. Многие виды организмов, приспособляющихся к жизни на земле под культурными растениями, становятся вредителями, возбудителями заболеваний, сорняками.

Как предвидеть все эти последствия, как подавить вредные виды и создать благоприятные условия для полезных - одна из самых актуальных проблем экологии наземных организмов. Ведь какой бы ни выдался год - погожий или непогожий, с полей, садов и огородов удается убрать далеко не все, что могло быть выращено.

Часть урожая, притом довольно значительную, у людей отнимают непрошенные сотрапезники - вредители и возбудители болезней растений.

В нашей стране, например, потенциальный недобор зерна превышает ежегодно 25 миллионов тонн. Этим количеством зерна можно целый год кормить свыше 150 миллионов человек.

Урожай картофеля из-за болезней снижается ежегодно почти на пять миллионов тонн. В плодоводстве и виноградарстве годовой ущерб превышает два миллиарда рублей. Хлопка-сырца теряется больше миллиона тонн.

Это значит, что население СССР ежегодно недополучает 2,5 миллиарда метров тканей. Кроме того, народное хозяйство лишается 90 тысяч тонн масла и большого количества другой продукции, вырабатываемой из хлопчатника.

Урожай сахарной свеклы, если бы не вредители и болезни, мог быть на девять миллионов тонн выше, и сахарные заводы получили бы возможность ежегодно вырабатывать дополнительно около 1250 тысяч тонн сахара - по 4,5 килограмма на каждого человека.

Чем продуктивнее культурные растения, чем больше содержат белка и других питательных веществ, тем привлекательнее они для вредителей. Если в высокоурожайном сорте много питательных веществ, то рано или поздно всегда найдется вредитель или возбудитель болезни, приспособившийся к новым условиям. Следовательно, на полях, занятых лучшими сортами и возделанных по всем правилам агротехники, постоянно сохраняется угроза неожиданного появления вредных насекомых и микроорганизмов. Человек изобретает все новое и новое оружие для борьбы с ним. Но он не пренебрегает и помощью естественных врагов наших врагов - наших союзников в охране урожая. Среди них:

бактерии, грибы и вирусы, вызывающие заболевания и гибель вредных видов насекомых, грызунов и микроорганизмов; хищные птицы, насекомые, лягушки, жабы, пауки - все, кто питается вредными насекомыми и грызунами-

вредителями; насекомые-паразиты вредных насекомых - они питаются соками тела, тканями и переваренной пищей вредителей.

100 лет минуло с тех пор, как И. И. Мечников открыл микроскопический гриб, зеленую мюскардину, вызывающий болезнь и гибель личинок хлебного жука кузьки, и успешно- применил препарат гриба против этого опасного вредителя. С тех пор в нашей стране и за рубежом изучены разнообразные инфекционные заболевания вредных насекомых и грызунов. Для борьбы с вредителями изготавливаются препараты живых бактерий, микроскопических грибов и вирусов, способные возбуждать массовые заболевания и даже опустошительные эпизоотии (эпидемии) в стане врагов урожая.

В США для борьбы с японским жуком используют два вида спорообразующих бактерий, которые несут этим опасным вредителям губительную для них молочную болезнь.

Большая часть других бактериальных препаратов имеет в своей основе споровые бактерии, впервые обнаруженные Пастером.

Среди растительноядных насекомых, размножающихся на, полях и наносящих ущерб сельскому хозяйству, одни губительно действуют на все кормовые растения, другие специализируются на определенных видах.

Полевые насекомые на ранних стадиях развития (личинки, нимфы) меньше способны к расселению, взрослые же стадии передвигаются более активно, поскольку умеют летать. Поэтому, если продолжительность жизни личинки больше года или если ее развитие включает два вегетационных периода, в условиях севооборота могут выжить только виды, способные переносить резкую смену кормовых растений, то есть полифаги, которые отличаются всеядностью. Таковы, например, широко распространенные на полях европейской территории СССР проволочники (лич!*нки шелкунов), циклы развития которых составляют четыре-пять лет. Они известны как поистине универсальные враги всех наших культурных растений.

Для вредителей, которые способны в массе размножаться на полевых культурах и становиться важными компонентами агроценоза, характерно, что у них личинка живет меньше года и развивается в пределах одного вегетационного периода, а взрослая стадия может расселяться благодаря способности к полету.

Таковы, в частности, вредители, Специализирующиеся на хлебных злаках (черепашка, шведская и гиссенская мушки, хлебные блошки и др.), сахарной свекле (свекловичный долгоносик, свекловичные блошки, свекловичная щитоноска и др.) и т. д.

В изменяющихся условиях полевого севооборота, и прежде всего ввиду смены растительного покрова, естественный отбор форм, способный выжить, определяется не одним, а многими признаками, либо прямо зависящими от изменения среды, либо непосредственно не связанными с этим фактором (способность к расселению, длительность цикла развития).

Для современного культурного ландшафта характерны лесопосадки, защитные лесополосы и т. п. Благодаря им увеличивается многообразие видов, что, в свою очередь, повышает устойчивость биоценозов. В лесополосах поселяются насекомоядные птицы, насекомые-эптомофаги, истребляющие вредителей, - все это факторы естественной защиты растений, которые трудно переоценить.

Правильная организация всего ландшафта, а не только севооборота основная предпосылка успешной борьбы с вредителями, при которой используются и паши союзники - птицы и насекомые, и целый комплекс агротехнических приемов, а применение пестицидов ограничивается своевременной обработкой тех мест, где появились вредители. Такая экологическая система была с успехом осуществлена в ряде хозяйств Средней Азии под руководством Институтов зоологии академии наук Таджикистана и Туркмении и Зоологического института Академии наук СССР.

Сейчас все чаще говорят о необходимости сократить, а то и вовсе отказаться от химических средств защиты, которые нередко причиняют вред тем или иным элементам природы. Им противопоставляют биологические методы борьбы с вредителями полей, лесов, садов.

Увы, химический метод был, есть и, по-видимому, еще долго будет оставаться самым эффективным средством борьбы с вредителями, массовое размножение которых создает угрозу для урожая, ибо пока только так можно справиться с нашествием орд насекомых достаточно быстро и на обширных территориях. Но у химического метода действительно много недостатков. Прежде всего ядохимикаты убивают не только вредных насекомых, но и полезных, в частности опылителей, без которых невозможны высокие урожаи ни плодовых культур, ни бобовых, ни гречихи, а также естественных врагов вредителей - насекомых: хищников и паразитов, полезных почвообразователей. Кроме того, химикалии скапливаются порой в пищевых продуктах, что отнюдь не безразлично для здоровья человека.

Химический метод пытаются рационализировать, подбирая ядохимикаты, которые действуют избирательно, только против вредных насекомых. Но уравнение это со стольким количеством неизвестных, что отыскать верное решение очень сложно.

То, что "химию" надо сокращать, ясно каждому.

А вот как обойтись вообще без нее, пока еще не придумали. Но более эффективно использовать помощь пагаих естественных союзников все же возможно. Способы здесь довольно просты (это и устройство гнездований, и охрана насекомоядных птиц), но применяются они далеко не везде. Размножению энтомофагов способствуют специально подобранные цветущие растения - они, как правило, обеспечивают высокую численность популяции таких перепончатокрылых - естественных врагов многих вредных насекомых.

На Украине уже десятки лет специально разводят наездников-яйцеедов трихограмм. Это небольшие перепончатокрылые насекомые. Развиваются они в яйцах вредных чешуекрылых, поедая зародышей и гусениц до их вылупления. А в Молдавию завезли других наездников для уничтожения кровяной тли, опасного вредителя яблони.

Биологические методы борьбы применяют и в закрытом грунте. Сотрудники Ленинградского сельскохозяйственного института "подсеяли" в теплицах к тлям и другим вредителям огурцов и помидоров хищных и паразитических насекомых. Несложная в общем-то работа позволила определить наиболее эффективные виды и сочетания насекомых для борьбы с вредителями, она уже принесла миллионы рублей экономии.

Тем не менее биологическому методу - несомненно перспективному и важному - присущ один весьма существенный недостаток: развитие естественных врагов нередко отстает по времени от размножения самого вредителя. И тогда приходится все же обращаться к химии.

Самый прогрессивный на сегодня способ - интегрированный, объединяющий агротехнические и химические средства.

Управляемое плодородие

На X Международном конгрессе почвоведов, состоявшемся в 1974 году в Москве, был подведен баланс земельных ресурсов планеты. Общая площадь потенциально пригодных для земледелия почв в мире - 3,2 миллиарда гектаров, обрабатывается 1,5 миллиарда. На каждого человека при нынешней средней урожайности требуется 0,4-0,5 гектара земли для производства пищи, около 0,1 гектара под жилье, дороги и другие несельскохозяйственные нужды. В 1974 году население Земли составляло 4 миллиарда. К 2000 году ожидается двухмиллиардный прирост. Это означает, что понадобится еще один миллиард гектаров - в том случае, если не будут расти урожаи.

Следовательно, уже в начале XXI века человечество исчерпает земельные ресурсы, пригодные для пахоты.

И тогда единственным способом увеличить количество продуктов питания станет интенсивное земледелие, позволяющее с единицы площади пашни получить больше сельскохозяйственной продукции. Практически это возможно, если уже сегодня систематически увеличивать плодородие почвы. И здесь ведущая роль принадлежит удобрениям. Вот почему в практике мирового земледелия, в том числе и в нашей стране, производству и применению минеральных удобрений уделяется столь пристальное внимание.

Об интенсивном развитии земледелия еще в 1915 году Владимир Ильич Ленин писал: "Это означает технические изменения в земледелии, интенсификацию его, переход к высшим системам полеводства, усиленное употребление искусственных удобрений, улучшение орудий и машин, рост употребления их..."

На октябрьском (1984 года) Пленуме ЦК КПСС принята долговременная программа мелиорации, реализация которой во многом обеспечит создание устойчивого, неподвластного непогоде сельского хозяйства. За годы Советской власти сделано было немало. Достаточно сказать, что только в РСФСР протяженность каналов на мелиорированных землях превышает 400 тысяч километров - это больше, чем расстояние от Земли до Луны!

В каждом звене народного хозяйства есть изначальная основа, которую, по образному выражению журналистов, зачастую именуют "хлебом" отрасли. У самого хлеба, который всему голова, "хлеб" - земля, хорошо ухоженная, удобренная, снабженная достаточным количеством влаги.

Есть удобрения органические, есть минеральные.

В течение тысячелетий для повышения плодородия пахотных земель использовались послеуборочные остатки, такие, как солома, а также естественная растительность и экскременты животных - основа для приготовления органических удобрений. Мергель и другие известковые

материалы применялись уже в Римской империи для обеспечения культур кальцием и улучшения физических свойств почвы.

То были единственные удобрения, применявшиеся до начала XIX столетия, когда впервые использовали природные отложения натриевой селитры и кости животных.

При растворении костей в серной кислоте содержащийся в них фосфат переходит в водорастворимую форму и образуется суперфосфат. Этот процесс, разработанный Лоозом на Ротамстедской опытной станции в 1840-х годах, положил начало производству химических удобрений. Они намного превосходят по своей эффективности органические, и, пользуясь ими, земледелец резко уменьшил зависимость урожая от почвенных запасов питательных веществ.

Впрочем, это вовсе не означало, что химия полностью заменит органику. А. Н. Энгельгардт, начавший одним из первых в России работать с минеральными удобрениями, в своей книге "Из деревни. 12 писем" (ее много раз цитировал в своих произведениях В. И. Ленин) еще в 1881 году писал: "Химическая теория совершенно верна. Истощенные почвы могут быть исправлены удобрением, но к удобрению искусственными туками можно прибегнуть только вовремя, при известном состоянии культуры... искусственные туки не исключают удобрение навозом, они должны быть употребляемы вместе с навозом для усиления его действия... Конечно, можно составить тук, так называемое полное удобрение, который может заменить навоз на хорошо обработанной почве, но невозможно было бы достать материалов для приготовления туков в том количестве, какое бы потребовалось".

Рассуждения А. Н. Энгельгардта были абсолютно верными. Но требования нынешнего века породили индустрию минеральных удобрений. К началу второй мировой войны сельское хозяйство планеты использовало девять миллионов тонн питательных веществ для растений (в пересчете на 100-процентное содержание азота, фосфора, калия), а в 1985 году только в нашей стране их будет произведено примерно вчетверо больше.

Столь резкое увеличение производства туков вызвано необходимостью преобразования сельского хозяйства.

Появились новые интенсивные сорта культур, химические средства для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений, на поля пришла мощная техника, разработаны новые системы земледелия - все это сильно увеличило потенциал сельскохозяйственного производства. Однако даже при наличии таких серьезных перемен невозможно было бы добиться высоких сегодняшних урожаев без минеральных удобрений.

В среднем за 10-ю пятилетку ежегодно в земледелии использовалось 18,1 миллиона тонн минеральных удобрений; за счет них дополнительно получено 32 миллиона тонн зерна, 26 миллионов тонн сахарной свеклы, 9 миллионов тонн картофеля и другой сельскохозяйственной продукции - всего на сумму 10 миллиардов рублей.

Чистый доход от применения минеральных удобрений составил 4,1 миллиарда рублей, окупаемость одного рубля затрат за счет дополнительной продукции 2,17 рубля. Дополнительное применение каждой тонны минеральных удобрений

в 11-й пятилетке должно дать не менее 4,4 тонны зерна или другой продукции в переводе на зерно.

Расширенное воспроизводство почвенного плодородия чрезвычайно важно само по себе. Но оно дает результат, если включено в хорошо продуманную сбалансированную систему земледелия, где одинаково значимы сорт, севооборот, техника, культура механизатора, работающего на земле.

Высокоурожайные и высокоиммунные сорта сельскохозяйственных культур, и прежде всего зерновых, способных противостоять вредителям и болезням, вынести капризы погоды, крайне необходимы для интенсивного земледелия.

Чтобы картина стала более ясной, рассмотрим обширный нечерноземный регион нашей страны - Нечерноземную зону РСФСР, Белоруссию, Прибалтийские республики и Полесье Украины.

Площадь сельскохозяйственных угодий Нечерноземья европейской части СССР составляет около 70 миллионов гектаров, в том числе 47,4 миллиона гектаров пашни. Нечерноземье занимает видное место в сельскохозяйственном производстве страны. Только в Нечерноземной зоне РСФСР сосредоточено почти пять тысяч колхозов и более четырех тысяч совхозов. Значение этой зоны в решении Продовольственной программы трудно переоценить.

На две тысячи километров с запада на восток и полторы тысячи с севера на юг протянулся древний край земли российской - Нечерноземье, лежащий "на худых" почвах - сильнокислых, бесплодных.

Сегодня здесь растут новые, преобразуются старые города и поселки, заметно повысилась урожайность сельскохозяйственных культур.

Опыт земледелия Белоруссии и Прибалтийских республик показывает, что для этой зоны реальные устойчивые урожаи зерновых, превышающие 40 центнеров с гектара, картофеля - 350 центнеров, 400 центнеров и более - корнеплодов. Но это возможно, если упорно и систематически улучшать землю, удобрять ее, повышать плодородную силу. Около 8 миллионов гектаров сельскохозяйственных угодий региона уже осушены. Построены современные мелиоративные системы с орошением. Созданы системы двойного действия - осушительно-оросительные.

Но чтобы еще более активно воздействовать на почвообразовательный процесс, необходимы удобрения. За 15 лет каждый гектар интенсивно используемых сельскохозяйственных угодий западного региона стал получать вдвое больше минеральных удобрений, улучшилось соотношение в них азота, фосфора и калия. Однако это отнюдь не уменьшило значения органики. В Белоруссии на гектар площади севооборота в 7-й пятилетке вносили 7 тонн органики, а в 10-й - 13.

Проблемой номер один считается научно обоснованное повышение почвенного плодородия и для Полесья Украины - зоны, занимающей четвертую часть территории республики. Академик ВАСХНИЛ Г. А. Богдаш в привел такие расчеты: чтобы не уменьшалось количество гумуса, на каждый гектар здесь требуется 18 тонн органических удобрений. Но пока поля не получают столько органики, и потому особенно важно рационально распорядиться имеющимися удобрениями.

Недешев гектар, к которому приложили руку мелиораторы. Тем веселее должна быть отдача. Роль науки здесь огромна. Прежде всего нужно обосновать, какие

земли, какими способами и для каких отраслей сельскохозяйственного производства улучшать. Для одних угодий достаточны культуртехнические работы, другие ждут осушения, третьим требуется орошение, четвертым - двойное регулирование водного режима, то есть осушение в сочетании с орошением.

Что прежде всего размещать в этой зоне на мелиорированных площадях? Научные расчеты показывают - сенокосы, пастбища и кормовые культуры на пашне.

В 11-й пятилетке для них предполагается отвести каждые семь гектаров из десяти осушенных и орошаемых в зоне.

На последних в основном будут размещены плантации овощных культур.

С вводом в действие гидромелиоративных систем забота о мелиорированных гектарах лишь начинается.

А дальше нужно прокладывать дороги, строить склады, хранилища и т. д.

Однако, к сожалению, и мелиорированные земли далеко не всегда оправдывают ожидания. И здесь свое слово должны сказать почвенные биологи. Лишь они могут определить, какими микроорганизмами и животными надо заселить мелиорированные почвы, чтобы обеспечить эффективно действующий круговорот биогенных элементов, утилизацию мертвой органики, чтобы помешать размножению вредителей и создать благоприятные условия для организмов-почвообразователей. Биологическая мелиорация почвы должна, следовательно, идти рука об руку с агромелиорацией.

Один из проверенных путей повышения биологической активности почвы улучшение ее механического состава, известкование, внесение природной, накопленной в болотах и озерах органики, особенно торфа и сапропеля.

Наши пресные озера богаты жизнью. Многочисленные растения стелются по поверхности воды, пронизывают всю ее толщу, скапливаются клубками на дне.

В грунте и в воде обитают мириады существ. Каждую осень значительная часть растений и животных умирает и опускается на дно. Сюда же попадают сносы с берегов.

И здесь, на дне, в результате сложного и длительного биохимического процесса образуется ценнейший природный концентрат - сапропель.

Часто сапропели путают с донными илами. Но эти отложения различны и по составу, и по своим свойствам.

Донные илы - это все, что сносится в водоем с берегов и откладывается по течению рек, ручьев, сильно проточных озер. Сапропели же образуются только в озерах, стоячих или со слабыми течениями. Встречаются озера, где на дне откладываются и илы, и сапропели. В донных илах обычно содержится до 15 процентов органических веществ, в сапропелях же - до 96. Различны и физические свойства. Высохший донный ил рассыпается в порошок, высушенный сапропель превращается в камень.

Если влажный сапропель проморозить, а затем высушить, он становится рассыпчатым.

Запасы сапропеля в нашей стране велики. По прогнозам ученых, в озерах РСФСР накоплено 230 миллиардов кубических метров сапропеля (из них в Нечерноземье - 50), в Литве - 10,5, Эстонии - 3,5, Белоруссии - 3, Латвии - 2,5, в украинских озерах - 0,5. Есть сапропель и в Колхидской низменности.

Он очень ценен как удобрение (кстати, его вносили на поля еще в средние века), так как содержит почти все необходимые для развития растений вещества. Он применяется и в ветеринарии. Некоторые виды сапропелей пригодны как минерально-витаминная подкормка для всех видов сельскохозяйственных животных. Для всего этого хозяйству требуется сравнительно немного сапропеля - десятки, в крайнем случае, сотни тонн.

В значительно больших объемах сапропели используются сейчас для улучшения малопродуктивных и бросовых земель при очистке заиленных водоемов. Выгода здесь двойная: обновляется озеро, практически потерявшее свою ценность, и вовлекаются в хозяйственный оборот малопродуктивные и бросовые земли, расположенные вдоль берегов.

Еще одна активно разрабатываемая наукой область - биологическая фиксация азота, изучением которой много занимался почвенный микробиолог академик Е. Н. Мишустин.

Издавна ученые полагали, что существует всего несколько видов бактерий, усваивающих азот из воздуха.

За последние 10-15 лет такая способность обнаружена у многих самых различных микроорганизмов. Следовательно, если агротехника сумеет учитывать "интересы"

этих мельчайших существ, их многочисленная рать будет исправно работать на урожай, пополняя запасы азота.

В почве есть и разнообразные свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы, которые также благотворно действуют на ее плодородие.

При сегодняшней структуре посевных площадей в СССР клубеньковые бактерии, сожительствующие с бобовыми культурами на пашне, усваивают около 2,3 миллиона тонн атмосферного азота. Половина его идет в урожай, а другая половина с пожнивными и корневыми остатками запахивается в почву. Свободноживущие азотфиксаторы на каждом гектаре связывают в среднем 15-20 килограммов молекулярного азота в год. Следовательно, на всей пахотной площади страны фиксируется - если ориентироваться на минимальную цифру в 15 килограммов - около 3,4 миллиона тонн. Таким образом, общий вклад "биологического" азота доходит до 5,7 миллиона тонн. Это близко к тому, что дает полям промышленность. Конечно, выпуск минеральных удобрений будет нарастать. Но если усилить внимание к бобовым культурам, то поступление "биологического" азота можно в недалеком будущем увеличить в 1,5-2 раза.

Однако судьба поступающих в почву органических и минеральных азотсодержащих веществ неодинакова.

Органические соединения азота, находящиеся в корневых и пожнивных остатках бобовых растений (около 1,2 миллиона тонн) минерализуются постепенно. Урожай следующего года использует около трети их. За последующие два-четыре года минерализуется и становится доступным растениям еще 20 процентов азота растительных остатков.

Азот, который усваивается свободноживущими микроорганизмами (около 3,4 миллиона тонн), накапливается в почве постепенно, в течение вегетационного периода, и может быть использован растениями лишь после отмирания микробов, процесса также постепенного. Этот источник азота - своего рода аккумулятор почвенного плодородия, за вегетационный период растениям

становятся доступными от шести до десяти процентов ассимилированного свободноживущими микробами азота.

Вернемся снова к бактериям, образующим клубеньки на корнях бобовых культур. Долгие годы считалось, что вне организма растения они фиксировать молекулярный азот не могут. Новейшие исследования с абсолютной точностью установили, что это не так. Выяснилось также, что, хотя они избирательно относятся к растениям (предпочитают корни только сои или клевера, люцерны или люпина), их можно заставить поменять "хозяина".

Сейчас в Институте микробиологии Академии наук СССР развернуты исследования по экспериментальной селекции клубеньковых бактерий. Выведены культуры микроорганизмов, наиболее эффективно "сотрудничающих" с люцерной. Обработывая ими семена перед посевом, удавалось получать высокие урожаи зеленой массы.

Предпосевное "заражение" семян бобовых растений соответствующими микроорганизмами (эту операцию называют нитрагинизацией) имеет чрезвычайно важное значение: урожаи поднимаются на двадцать и более процентов. Если же в почве нет соответствующих клубеньковых бактерий, то без обработки семян вообще нельзя вырастить бобовую культуру. Мало того, сейчас накапливаются данные, что в результате нитрагинизации растения становятся более устойчивыми к заболеваниям, лучше переносят неблагоприятные условия.

Трудно переоценить роль клубеньковых бактерий и их "хозяев" - бобовых культур в повышении плодородия и улучшении структуры почв, в уменьшении вредных воздействий азотных удобрений на природу. Однако нитрагин препарат клубеньковых бактерий для предпосевной обработки семян выпускается у нас в очень малых количествах. Сама жизнь, развитие техники, состояние среды требуют уделить большее внимание посевам бобовых и расширению производства нитрагина.

В сельском хозяйстве сейчас ставится задача расширить посевы и значительно увеличить производство бобовых - особенно зернобобовых культур, богатых белком. Если зерно злаков содержит его обычно 9-12 процентов, то бобовых - от 20 до 40 процентов, а иногда и больше. Втрое богаче белком и стебли этих растений.

Легко усвояемый белок бобовых содержит ряд незаменимых аминокислот.

Стоимость же этого белка невысока. По примерным подсчетам, производство одной его тонны обходится в 150-200 рублей, а белка зерновых - 500-700. Для сравнения: тонна микробного кормового белка, производимого промышленностью, сейчас обходится приблизительно в 1000 рублей, хотя при совершенствовании технологии затраты можно существенно снизить. Бобовые культуры не только обеспечивают себя азотными соединениями, но и накапливают их в почве в составе удобряющих ее растительных остатков.

Пока еще посевы и производство бобовых у нас явно недостаточны. Они занимают лишь 11 процентов пахотной площади (в США - 26 процентов).

Значение бобовых в кормовом рационе у нас пока невелико. Растениеводство страны дает около 63 миллионов тонн белка в год, из них на долю бобовых культур приходится 11 миллионов. Из всего производимого белка примерно 6 миллионов тонн идет в пищу, около 48 миллионов тонн скармливается

животным. В основном же скот у нас кормится злаковыми культурами, бедными белком.

На передний план все больше выдвигается биология сельскохозяйственных растений и животных. В агрономической науке происходит сейчас крутой поворот. Если раньше ученых интересовали главным образом методы возделывания растений, которые обеспечили бы наилучший урожай (правильный способ размещения посевов, сроки посева, обработка почвы, технологические операции по ее возделыванию, время уборки, переработки и т. д.), то теперь положение иное. С развитием генетики и селекции стало возможным направленно выводить сорта, обладающие невиданными ранее свойствами, и прежде всего сорта, чья продуктивность резко возрастает, если улучшить условия минерального питания.

Другая задача, ждущая своего решения и требующая объединения усилий представителей разных наук, - изучение физиолого-биохимической сущности тех процессов, которые позволяют достичь максимально возможных урожаев. То, как различные сорта реагируют на минеральное питание, зависит, судя по всему, от генетических свойств растений, от их наследственной программы. Реализуется эта программа на разных уровнях организации клеток и организма в целом (проницаемость клеток корня, скорость и эффективность фотосинтеза в клетках зеленого листа, эффективность перемещения веществ по растению, уровень ферментных систем, ведущих синтез нужных человеку веществ белков, жиров, углеводов и т. д.).

Каждый из этих уровней изучается сейчас представителями разных дисциплин. Но только объединенными усилиями селекционеров и генетиков, с одной стороны, и агрохимиков, физиологов, биохимиков, специалистов по защите растений - с другой, можно будет создать продуктивные сорта, способные с высокой эффективностью использовать солнечную энергию и питательный режим высококультуренных почв и давать урожаю - для пшеницы 100-120-150 центнеров с гектара, для кукурузы - 130-150 центнеров.

Здесь резко возрастает роль молекулярной биологии, так как принципиальное улучшение растений возможно только с помощью молекулярно-генетических методов - введения в геном растения фрагментов наследственной программы, определяющей лучшее усвоение элементов питания, выработку заданных человеком веществ.

По-прежнему требует особого внимания проблема повышения плодородия почвы. Ведь если, например, хотят удвоить урожай, то необходимо удвоить и интенсивность круговорота веществ. Добиться этого можно, увеличив внесение органических и минеральных удобрений. При этом обнаруживается, что первые зависят от вторых.

С ростом минеральных удобрений будет повышаться урожайность, усиливаться обмен веществ в почве, увеличиваться количество кормов, возрастет продуктивность животноводства и как побочный продукт животноводства увеличится количество органических удобрений.

Биология почв помогает понять механизм регулирования биогенного круговорота, превращения минерального питания в органическую массу растений. Ведь плодородие почвы определяется не только динамикой питательных веществ, вносимых в почву, но и обменом веществ,

совершающимся в самой почве благодаря биологическим процессам. И для того чтобы это развитие проходило в оптимальном режиме, надо, чтобы почва имела хорошие физико-химические свойства, имела, скажем, агрономически оптимальную структуру, оптимальный водный режим.

Преимущества социалистической системы ведения сельского хозяйства, многофакторная стратегия интенсификации агропромышленного комплекса служат предпосылкой рационального использования природных ресурсов, прогрессивных форм организации производства, достижений науки и техники, а следовательно, и значительного повышения, пользуясь словами К. Маркса, эффективного плодородия земли.

Агроценоз построен человеком

В последние два десятилетия ученые активно работали над созданием принципиально новых биосистем, не имеющих аналогов в природе. Речь идет главным образом о гидропонике и о биотехнологии выращивания микробов. Реальная задача, которую перед собой ставит микробиологическая промышленность, - ликвидировать тот хронический белковый дефицит, который почти во всем мире свойствен кормам домашних животных. В среднем он составляет около четверти необходимого белка в рационе скота, а такие отрасли животноводства, как птицеводство или продуктивное рыбное хозяйство, вообще невозможны без обеспечения высокобелковыми кормами.

Именно здесь надежды связываются с микробиологической промышленностью, цель которой - выращивание микробов - продуцентов белка (дрожжей, водорослей, грибов, бактерий) - в заводских условиях.

Выращивая микробы на отходах сельскохозяйственного производства (солома, ботва, другие неиспользуемые части сельскохозяйственных растений), производства спирта, целлюлозы, молочных продуктов и т. д., получают микробную биомассу, исключительно богатую белком, витаминами, ферментами. Достаточно сказать, что килограмм всем известных сухих пищевых дрожжей содержит столько же белка, сколько 3 килограмма мяса.

Сегодня в нашей стране микробиологическая промышленность ежегодно вырабатывает около миллиона тонн дрожжей, свыше 100 видов других продуктов.

Промышленная микробиология действует в содружестве с биоорганической химией, биофизикой, физиологией человека, животных и микроорганизмов, молекулярной биологией и генетикой. Прочный сплав этих наук с микробиологическим и биохимическим производством и составляет основное содержание того нового явления, которое получило обобщенное название биотехнологии.

"Эта область, - говорил президент Академии наук СССР А. П. Александров на XXVI съезде КПСС, - в ближайшие годы станет играть особенно важную роль - уже осуществляется производство многих видов лекарственных препаратов, кормовых и пищевых веществ, новых видов соединений, синтезирующихся пока только в живых организмах".

Индустрия живых клеток призвана превратить микробов в производителей продуктов в огромных количествах - не в граммах и килограммах, а в тысячах, сотнях тысяч и даже миллионах тонн - в этом и заключается принципиальная

новизна производства пищевых продуктов без традиционного сельского хозяйства.

В нашей стране вступают в строй все новые крупные заводы микробиологического синтеза. Можно только удивляться тому, что все это огромное богатство человек создает при помощи мельчайших существ микробов.

Не менее поразительно и другое. Большинству микробиологических предприятий, которые выращивают и вскармливают миллиарды микроскопических живых организмов, в основном не требуются для этого ни пищевые, ни кормовые продукты сельского хозяйства. Напротив, микробиологическая промышленность в качестве сырья для производства ценнейших кормовых и пищевых веществ использует такие ресурсы солнечной энергии, глубоко законсервированные в природе в виде соединений углерода и водорода, которые никогда ранее в истории человечества не использовались для подобных целей.

В конце 1963 года начали действовать первые опытные, а затем и опытно-промышленные установки по производству дрожжей на очищенных жидких парафинах нефти. Установлено, что дрожжи, выращиваемые на углеводородах нефти, по своему составу и благотворному действию на животных не уступают, а даже превосходят дрожжи, вырабатываемые из Сахаров растительного сырья (гидролизатов древесины, сульфитных щелоков, мелассы).

Новые перспективы открывает перед человеком и широкое использование гидропоники - выращивание сельскохозяйственных растений на полностью искусственной питательной среде, зачастую в условиях искусственного подогрева и искусственного освещения. Такое круглогодичное, круглосуточное выращивание растений автоматизировано, оно не зависит от почвенных и климатических условий, оно может развиваться далеко на Севере или среди пустыни, где погодные условия исключают выращивание растений под открытым небом. На практике это выглядит так. В бетонные лотки, заполненные не почвой, а мелкими камешками или пластмассовыми шариками, по трубам к корням растений автоматически поступает питательный раствор, затем раствор откачивается и к корням периодически поступает кислород.

Гидропоника знаменует собой качественно новый этап развития тепличного хозяйства и позволяет выращивать овощи, ягоды, некоторые кормовые культуры в многоярусных теплицах, которые можно размещать и на верхних этажах больших зданий в городах. Так что и в городе можно будет получать сельскохозяйственную продукцию и обеспечивать круглый год население луком, огурцами, помидорами, перцем и другими овощами.

В целом гидропонные методы позволяют получать урожаи в пять раз большие, чем дают на юге лучшие поливные почвы.

Очевидно, что такие теплицы обходятся недешево. Но не мешает вспомнить, сколько гибнет овощей за зиму в хранилищах, сколько на долгих дорогах, особенно за Полярный круг, сколько "дарового" тепла пропадает на заводах и электростанциях. А главное - насколько свежив овощи и фрукты круглый год улучшают самочувствие человека, особенно там, куда зимой их доставлять трудно!

"Расширять тепличное хозяйство, особенно с использованием тепловых отходов промышленных предприятий" - такая задача поставлена в Основных направлениях экономического и социального развития страны.

Один из главных "поставщиков" этих отходов - энергетика, тепловые и атомные электростанции. Известно, что потребление энергоресурсов в современном мире быстро увеличивается. Однако коэффициент использования тепла остается низким - в целом по промышленности он сегодня не превышает 30 процентов. Тепловые отходы - это не только досадный с точки зрения расхода топлива, но и вредный фактор, получивший название теплового загрязнения окружающей среды.

Если многим промышленным предприятиям низкотемпературное тепло использовать трудно, то ряду отраслей сельскохозяйственного и биологического производств, напротив, такое тепло и необходимо для нормальной работы. Мы просто еще не научились использовать такой ресурс, как отходы АЭС и других энергопредприятий.

Расчеты показывают, что выигрыш от использования сбросного тепла можно значительно повысить, если отходы одной отрасли (цеха) сделать "сырьем" для другой.

Тремя научными учреждениями - ВНИИ прикладной молекулярной биологии и генетики ВАСХНИЛ, институтами Гидропроект имени С. Я. Жука, Московским архитектурным - разработана модель и предложен проект мощного энергобиологического безотходного комплекса при АЭС, полностью работающего на сбросном тепле.

Что представляют собою отдельные элементы комплекса?

В первую очередь это теплицы. Растениеводство в закрытом грунте позволяет увеличить продуктивность используемой для этого земельной площади. Чтобы удовлетворить потребность населения нашей страны в ранних овощах, необходимо как минимум 30 тысяч гектаров теплиц (несколько более квадратного метра на каждого человека). Но чтобы обогреть эту площадь, нужно было бы ежегодно сжигать около 50 миллиардов кубометров природного газа. Цифра огромная и, признаться, нереальная. А ведь надо выращивать под стеклом не только ранние овощи, но и другие культуры.

Сегодня, чтобы получить в теплицах нужную для развития растений температуру, в качестве теплоносителя используют воду, нагретую приблизительно до 90 градусов, а основной системой обогрева служат трубопроводы.

Затраты на нее (а это 40 километров труб на каждом гектаре) вместе с котельной достигают 40 процентов затрат на сооружение тепличных комбинатов, а расходы на обогрев - половины себестоимости тепличной продукции.

Перспективы использования сбросного тепла побуждают разрабатывать конструкции принципиально новых теплиц: высотных, с обогревом от сухих градирен, гидротеплиц и теплиц-градирен. В последних теплую воду пропускают по их крыше, и, охлаждаясь, она обогревает теплицы и возвращается к энергоагрегатам. Даже зимой температура воздуха в теплицах остается всего на 1-3 градуса ниже, чем у обогревающей их воды.

Расчеты показывают, что отходов тепла обычных и атомных электростанций, а также промышленных предприятий страны достаточно для обогрева не менее

300 тысяч гектаров теплиц. Климатические условия в них будут сходны субтропическим, подчас даже лучше - ведь чаще всего в наших субтропиках невозможно выращивать без укрытия даже неприхотливые виды и сорта цитрусовых. Кроме традиционных овощных, в теплицах можно будет производить немало других ценных растений - таких, как цветочные и ягодные, лекарственные. Часть этой площади можно использовать, причем с высокой отдачей, для ускорения процесса селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений.

Орошение теплыми водами открытого грунта даст возможность повысить урожайность культур по сравнению с обычным орошением на 20 процентов и более, а главное - продлить вегетационный период.

Сегодня достижения биологической науки, в том числе использование почвенных микроорганизмов, позволяет не только получать и перерабатывать пищевые продукты или корм для скота, они находят применение и в новых, подчас неожиданных областях. Почвенная микробиология породила не только биотехнологию, но и промышленную биоэнергетику.

Напомним, что Энергетическая программа СССР предусматривает на первом этапе создание материально-технической базы для широкого использования нетрадиционных источников энергии, в том числе энергии биомассы.

Понятие "биомасса", как известно, охватывает все вещества растительного и животного происхождения, продукты жизнедеятельности и органические отходы, образующиеся в процессе их обработки. Частично она используется в качестве кормов и продуктов питания, строительного материала, сырья для промышленности, а также в энергетических целях - путем прямого сжигания или с помощью переработки с получением спиртов и биогаза. Общее количество биомассы, ежегодно образующейся на планете, в несколько раз превышает суммарную годовую мировую добычу нефти, газа и угля.

Производство и переработка продукции сельского хозяйства дают массу отходов: навоз, солома и т. д. Нередко они либо вообще не идут в дело, либо употребляются неэффективно. В городах очень велико количество жидких стоков и твердых отходов. Органические отходы в изобилии появляются при лесозаготовках, лесопилении, деревообработке. Правда, на их базе (но это лишь небольшая их часть) развернуто довольно крупное микробиологическое производство этилового спирта и кормовых дрожжей.

Получать топливо из биомассы можно двумя способами - с помощью термотехнических процессов или путем биотехнологической переработки. К последнему относятся анаэробное сбраживание с выходом биогаза, а также гидролиз с получением этилового спирта или кормовых дрожжей, биоводорода и ряда других продуктов. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наибольшую перспективу открывает биологическая переработка органических веществ в биогаз. Он состоит из 50-70 процентов метана и 30-50 процентов окиси углерода. Его теплотворная способность составляет 4300-6000 килокалорий на кубический метр, что эквивалентно 0,6-0,8 килограмма условного топлива.

Брожение тонны органического вещества дает от 350 до 500 кубических метров биогаза. Процесс протекает непрерывно в реакторах (метатенках) объемом от

нескольких кубометров до нескольких тысяч кубометров при температурах от 30 до 35 градусов Цельсия.

Безусловное достоинство такого способа - возможность использовать остаток органического вещества, образующегося в реакторах. Это обеззараженное, без запаха удобрение, для растений более ценное, чем обычный навоз.

На различные технологические нужды в сельском хозяйстве ежегодно расходуется около 50 миллионов тонн условного топлива. Если учесть, что в 1986-1990 годах намечается построить несколько сотен свинопунктов с годовым откормом многих миллионов свиней, то общий выход жидкого навоза составит в год десятки миллионов кубических метров. Из него можно получить до 1,5 миллиарда кубометров биогаза (что эквивалентно 1 -миллиону тонн условного топлива), а кроме того - высококачественные удобрения, содержащие азот в виде аммония (200 тысяч тонн), окись фосфора (61 тысячу тонн), окись калия (84 тысячи тонн).

Предполагается также построить сотни комплексов крупного рогатого скота с откормом более 4,5 миллиона голов. Расчеты показывают, что только благодаря реализации отходов животноводческих комплексов и птицефабрик путем биологической конверсии можно получить дополнительно более 4 миллионов тонн условного топлива (50 процентов биогаза идет на поддержание процесса брожения), а также высококачественные удобрения в количестве, эквивалентном 3 миллионам тонн в пересчете на обычное минеральное удобрение.

Таковы лишь некоторые из направлений, по которым идет поиск принципиально новых решений, связанных с использованием биологических ресурсов и повышением их качества.

Почвенные животные предупреждают об опасности

Открытие атомной энергии и использование ее безграничных запасов - одно из самых выдающихся достижений науки XX века. Но успехи ядерной энергетики стали и источником серьезной и все растущей озабоченности во всем мире. И дело не только в угрозе атомной войны, способной вообще уничтожить человечество. Огромную опасность представляет и загрязнение биосферы радиоактивными веществами. Вызвано оно рассеиванием в атмосфере, в морях и океанах продуктов радиоактивного распада, проникновением их в почву и накоплением в сельскохозяйственной продукции и промысловых рыбах.

Радиоактивное загрязнение довольно просто и оперативно устанавливают приборы. Но практика показала, что как бы точны они ни были, только биологические индикаторы (растения, животные, микроорганизмы) позволяют перевести физические и химические показатели в величины, имеющие биологический смысл, то есть получить ответ на основной вопрос: пригодна ли та или иная среда для жизни человека.

Как влияет радиация на клетки, ткани и целые живые организмы, каковы методы защиты от нее - этим занимается молодая наука - радиобиология. Одно из ее направлений - радиэкология. Ее задача - анализ концентрации радионуклидов, изучение закономерностей изменения сообществ и популяций организмов, обитающих в условиях повышенной радиации.

Почвенные животные исключительно благодарный объект для радиоэкологических исследований: многие из них весьма чувствительны к действию радиации, в пищевых цепях они часто являются конечными звеньями и могут концентрировать радионуклиды. Животное население почв регулирует численность вредителей леса, что особенно важно в лесных районах, подвергшихся действию радиации. Тесная связь существует и между степенью радиоактивного загрязнения почв и экологией сельскохозяйственных вредителей в этих почвах. Наконец, почвенные животные - удобнейший биоиндикатор радиоактивного загрязнения территорий, так как численность их велика и достигает многих сотен тысяч особей на один квадратный метр, а характер питания фитофагов, сапрофагов и хищников достаточно постоянен, что позволяет установить пути и количественные закономерности миграции радионуклидов в биогеоценозе.

Почвенная фауна - наименее миграционная часть зооценоза, именно она теснее всего контактирует с радиоактивными загрязнениями и естественными радионуклидами, поскольку на суше все загрязнения, как радиоактивные, так и химические, рано или поздно попадают в почву.

Почвенная фауна и миграция нуклидов

Необходимость разработки биологических мер борьбы с возможными радиоактивными загрязнениями суши заставляет с особым вниманием отнестись к проблеме регулирования и направленной перестройки животного населения почв, изысканию путей интенсификации биологического круговорота веществ с помощью животных для связывания подвижных соединений радионуклидов и локализации очагов загрязнения в условиях естественных природных экосистем. Одной из форм воздействия на очаг загрязнения могло бы быть расселение и создание условий для массового размножения таких почвенных животных, как кивсяки, которые в значительных количествах накапливают соли кальция и стронция, потребляют растительный опад (а он является одним из самых загрязненных искусственными радионуклидами горизонтов почвы) и в то же время не служат сами пищей для птиц, млекопитающих и хищных насекомых. Поэтому кивсяки могут быть эффективным депо таких радионуклидов, как стронций-90.

Как правило, больше радиоактивного стронция накапливают животные, которые откладывают кальций в покровах для увеличения их прочности почвенные моллюски, кивсяки, мокрицы. Эти животные с успехом могут использоваться в качестве биоиндикаторов загрязнения среды стронцием-90. В восточной Украине кивсяки и виноградные улитки накапливали этот радионуклид в 100 раз больше, чем его содержалось в дубовом опаде - пище этих животных.

Учитывая, что стронций-90 прочно связывается почвами и не весь включается в круговорот, можно предполагать, что зоогенная, то есть определяемая животными, миграция этого изотопа, во всяком случае, сравнима с вымыванием дождевыми водами или разносом ветром из биогеоценоза. Наибольшее значение здесь имеют почвенные миграции.

Обратимся теперь к другому загрязнителю - цезию-137. Интерес к этому элементу обусловлен не только тем, что это долгоживущий радионуклид

(период полураспада - 29 лет) и один из основных агентов радиоактивного загрязнения биосферы. Существенно то, что миграция цезия-137 по трофическим цепям к человеку происходит через животных, через пищевые продукты животного происхождения: молоко, мясо, молочные продукты. Известно, что химически цезий близок калию, с которым и мигрирует по пищевой цепи. Подвижность цезия-137 в круговороте уменьшают микроорганизмы, которые связывают до 60 процентов изотопа, давая ему выщелачиваться из лесной подстилки. Видимо, важную роль в биогенной миграции цезия-137 должны играть почвенные грибы, в золе которых может содержаться до 45 процентов калия.

Освобождению этих элементов, их вовлечению в биогенный круговорот способствует деятельность почвенных животных, которые разрушают мертвую органику, частично ее перерабатывают и переваривают значительную часть микробной биомассы, переводя зольные элементы в подвижное, доступное высшим растениям состояние, как это было выяснено А. Д. Покаржевским в СССР, Д. Кроссли и М. Виткэмпом в США.

Радиоэкологическая обстановка для животных резко осложняется, если они постоянно обитают на участках с повышенным содержанием естественных радионуклидов.

В таких условиях отмечено резкое повышение концентрации радия позвоночными животными (в 6-132 раза), в меньшей степени - урана (0,3-12 раз), содержание тория не повышается. Особенно много радионуклидов накапливали грызуны, которые постоянно заселяли эти участки.

В пределах одного наземного биоценоза могут оказаться виды животных, сильно различающиеся по степени контакта с загрязненными участками, а следовательно, и с ионизирующим излучением. По этому признаку различают животных, случайно контактирующих с загрязнением, временно или постоянно. Но и при постоянном тесном контакте у животных, обитателей одной и той же территории, степень контакта неодинакова.

В СССР обстоятельно исследовали действие естественного радия-226 на комплексы почвенных животных. Изучаемые участки были невелики (1-2 гектара) и расположены на надпойменной террасе с луговой растительностью в подзоне средней тайги. Повышенный фон образовался из-за разлива подземных пластовых вод с повышенным содержанием радия. Четкие различия были обнаружены для всех массовых групп почвенных животных, которые развиваются долго и относительно малоподвижны, то есть постоянно обитают на участках с повышенным фоном радиации. Численность всех этих групп была на таких участках явно ниже, чем в контроле (объектами исследования являлись дождевые черви, личинки двукрылых и жуков-щелкунов). Меньшей оказалась и общая заселенность почвы беспозвоночными.

Интересно, что особенно заметное угнетение испытывали дождевые черви. На участках с повышенным фоном радиации не только ниже была их численность, но и мельче размеры и наблюдалась задержка в развитии.

Таким образом, наибольшему воздействию радиации подвержены оседлые, длительно обитающие на участках с повышенным радиоактивным фоном группы животных, у которых наблюдается задержка развития и нарушения в функции эпителия поверхности тела и кишечника.

Действие радиации на почвенных животных хорошо прослеживается не только на участках, где уровень ее высок, но и там, где он низок, по-видимому, из-за больших дозовых нагрузок на почвенных животных по сравнению с наземными. Особенно удобным объектом для изучения можно считать дождевых червей, вероятнее всего, по той причине, что они облучаются не только извне, но и от почвы, которую заглатывают. У всех остальных наземных животных пища растительного или животного характера, в которой содержание естественных радионуклидов в 10-100 раз ниже, чем в почве.

Радиоактивное загрязнение среды и жизнь в почве

Опыты с облучением естественных, не нарушенных образцов почвы дозами 2,5-5 мегарад от кобальтового источника и в атомном реакторе подтвердили полную стерилизацию почвы, а также глубокие нарушения ее химического состава: содержание аммония в гумусовом слое облученной почвы возросло более чем в десять раз, и он в больших количествах появился в минеральном слое, где ранее полностью отсутствовал. Количество нитратов увеличилось преимущественно в минеральном слое почвы.

Микроорганизмы довольно быстро заселяли возвращенные в поле стерилизованные образцы, так что через девять дней те практически сравнялись с контролем и затем в течение двух месяцев заметно не отличались от контроля. Микроартроподы заселяли образцы значительно медленнее, через две недели встречались единичные особи, а через два месяца заселенность все еще сильно отставала от контрольной, особенно в образцах, где было мало грибов. При хроническом облучении леса в Брукхевене (США) отклонений в разложении лесной подстилки не наблюдали.

Показателем биологической активности почвы может считаться "почвенное дыхание" - количество выделяемого с единицы поверхности углекислого газа. Когда почву подвергали острому облучению от мощного кобальтового источника дозой 800 и 2500 килорад, почвенное дыхание в обоих случаях резко сократилось. Наблюдения за микроорганизмами через шесть недель после облучения показали, что численность их резко упала. После хронического облучения дозой 800 килорад численность бактерий сократилась в почве почти в 40 раз по сравнению с контролем, грибов - в 6 раз. Острое облучение при 800 килорад вызвало падение численности бактерий в 2,5 раза, грибов - в 10 раз; при 2500 килорад бактерии исчезли вовсе через шесть недель.

Для изучения экологических последствий лучевых воздействий на естественные ценозы в условиях средней полосы СССР проводился многолетний эксперимент с острым гамма-облучением сосново-березового леса дозами 7-25 килорад.

Для эксперимента выбрали участок леса, однородный по видовому составу и почвенным условиям, с равномерным распределением разновозрастных деревьев по площади.

Этот эксперимент - пока единственный, позволивший изучить воздействие гамма-облучения леса на почвенную фауну. На облученном участке произошли изменения в структуре мезофауны: более чем в пять раз сократилась численность дождевых червей. В результате на опытном участке

преобладающей группой стали насекомые, в то время как до облучения и в контроле преобладали дождевые черви.

В слое почвы от 0 до 20 сантиметров на контроле заселенность животными была в 1,5-3 раза выше, чем на облученном участке.

Обеднение почвенной фауны в глубоких горизонтах отмечено при всех формах действия ионизирующих излучений на биогеоценоз. Объяснить этот факт можно следующими причинами: в глубине почвы сравнительно больше, чем на поверхности, преимагинальных, а следовательно - гораздо более радиочувствительных стадий животных; поверхностные слои после облучения легче заселяются извне; глубокопочвенные виды менее плодовиты, чем поверхностные, и медленнее восстанавливают численность популяций. Даже через два года не восстановили численности дождевые черви - основная группа беспозвоночных, пострадавших от облучения. Комплекс микрофауны, хотя и пострадал от одноразового сильного облучения, общего угнетения не испытал и довольно быстро стал восстанавливать свою первоначальную структуру.

И происходило это за счет "внутренних ресурсов" комплекса, а не за счет миграции животных извне, с необлученных территорий.

В СССР проведены многочисленные эксперименты с загрязнением почв искусственными радионуклидами и последующим изучением экологии почвенных животных, они позволяют решить прикладные вопросы и лучше уяснить, каковы плодовитость, продолжительность жизни, интенсивность обмена, химический состав, трофические связи животных. Обширный материал собран и по экологии микроорганизмов, развитию корневых систем растений в условиях повышенного фона ионизирующей радиации.

Фактически сформировалось новое направление - радиобиология почвы, и здесь очень велик вклад советских исследователей: дозиметристов, почвоведов, биологов.

Приступая к изучению воздействия ионизирующих излучений на животное население почвы, ученые не могли предвидеть всего того, с чем придется встретиться в процессе полевой работы. Сложность усугублялась тем, что наземные беспозвоночные - организмы весьма радиоустойчивые во взрослом состоянии. Радиочувствительность насекомых, дождевых червей, мокриц, паукообразных составляет 50-200 килорад, что значительно выше, чем у растений.

Поскольку содержание стронция-90 в наземной части насаждений значительно меньше, чем в почве, дозы облучения животных, обитающих в верхних ярусах леса, оказываются значительно ниже, чем почвенных обитателей.

Но и в почве эти дозы не настолько велики, чтобы оказывать непосредственное воздействие на беспозвоночных, особенно в личиночной и взрослой стадиях. Тем не менее они все же снижают численность популяций многих видов.

Это можно объяснить тем, что ряд видов лесных насекомых, а также представителей микро- и мезофауны, зимует в почве в стадии яйца, то есть в наиболее радиочувствительной эмбриональной стадии. Если принять во внимание, что облучение в этом случае продолжается в течение нескольких месяцев, доза облучения, накопленная за это время, могла составить в наших экспериментах 200-300 рад, то есть довольно значительную величину.

При облучении в лабораторных условиях, как известно, дозы облучения от нескольких сотен до нескольких тысяч рад приводят к стерильности самцов и самок насекомых и гибели яиц.

На лесных участках, загрязненных стронцием-90, численность мезофауны сократилась более чем в два раза.

Но более всего (в 10-100 раз) сократилась численность дождевых червей и многоножек (губоногих и двупарноногих) - потребителей мертвого растительного опада, обитающих преимущественно в лесной подстилке и верхнем слое почвы, где сконцентрирована основная часть радионуклидов. Изменения видового состава - сокращение видового разнообразия - обнаружены и в микрофауне, в частности, в популяциях панцирных клещей.

Сообщества почвенных животных чутко реагируют на повышенный хронический уровень ионизирующей радиации при дозах порядка 0,5-3 рада в сутки. При этом уменьшается видовое разнообразие оседло живущих беспозвоночных, глубина заселения почвы, падает численность. Особенно сильно действие радиации проявляется в период размножения животных. У почвенных беспозвоночных уязвимыми для действия радиации являются ранние стадии жизненного цикла. Ранние стадии развития дождевых червей столь же чувствительны к действию радиации, как и человек.

Взрослые стадии почвенных животных достаточно устойчивы к действию ионизирующей радиации, не уступают по этому показателю лесным и луговым растениям, а нередко в три-пять раз превосходят растения. Но животных "подводит" здесь уязвимость для радиации ранних стадий, их длительный период развития, за который они успевают облучиться значительными дозами радиации даже в условиях малой мощности, но хронического облучения.

Уязвимость почвенной фауны усиливается также из-за того, что почва аккумулирует многие радионуклиды, попавшие в биосферу, в том числе стронций-90 и цезий-137, а такие массовые обитатели почвы, как дождевые черви, заглатывая почву при питании, получают немалые дозы облучения и от пищевого комка, что становится особенно важным при загрязнении почв радионуклидами - альфа-излучателями. Велико участие почвенных животных в зоогенной миграции искусственных радионуклидов, главным образом из-за высокой биомассы этих животных и их роющей деятельности.

Заключение

Увеличить производство сельскохозяйственной продукции, улучшить снабжение населения продовольствием - такова важнейшая задача, стоящая перед нашим народным хозяйством.

Реализация Продовольственной программы СССР во многом зависит от того, как будут складываться отношения земледельца с землей, насколько удастся преумножить ее плодородие в условиях интенсивного производства. И потому так возрастает роль науки в решении сложного комплекса проблем, связанных с сельским хозяйством.

Недалеко то время, когда поле будут не распахивать, а "строить", создавать по особой программе для каждого отдельного региона, для каждой системы земледелия. Но это - в будущем. Пока же речь идет об улучшении качества

земель путем глубокой мелиорации, правильного применения удобрений, подбора районированных сортов урожайных сельскохозяйственных растений. Население растет, увеличивается и потребность в продуктах питания. В двенадцатой пятилетке планируется производить ежегодно 250-255 миллионов тонн зерна, доведя среднюю урожайность до 21-22 центнеров с гектара. Сделать это будет непросто, если учесть, что щедрых от природы земель у нас в стране не так уж много.

Президент Академии наук СССР А. П. Александров, выступая 26 декабря 1984 года на общем собрании академии, посвященном вкладу науки в реализацию Продовольственной программы, призвал поднять на более высокий уровень научное обеспечение важнейших ее разделов. Он отметил, что многие институты уже активно занимаются фундаментальными разработками, направленными на интенсификацию сельскохозяйственного производства и всестороннее развитие агропромышленного комплекса. Но многое еще предстоит сделать, чтобы повысить эффективность мелиорированных земель, обеспечить надежную защиту растений, разработать тщательно проверенные методы обработки семян, ухода за посевами, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Все эти вопросы так или иначе связаны с регулированием биологических явлений в почве, интенсификацией или подавлением деятельности почвенных животных и микроорганизмов, управлением ферментативными процессами в почве.

За последние десятилетия в биологической науке произошли коренные изменения. И каждый шаг вперед в развитии науки открывает подчас совершенно неожиданные возможности, новые пути. Один из них - создание микробиологической промышленности, мощной индустрии живых клеток.

Современная научно-техническая революция создает предпосылки для того, чтобы пополнить продовольственные ресурсы продукцией несельскохозяйственного производства.

Стремительное развитие микробиологической промышленности, высокая стоимость основного "производителя"

на микробиологических заводах - культур микробов - позволяют предполагать, что в обозримом будущем для нужд народного хозяйства может быть использован почти весь природный генофонд микробов. Хранилищем этого генофонда была и остается почва. В еще большей степени почва служит хранилищем генофонда животных, особенно беспозвоночных, на сегодня пока еще почти не используемых. Но настанет и их время, и их несомненно придется культивировать в промышленных масштабах.

А мы пока далеко не все еще знаем о том мире живых существ, которые заселяют почву. Ежегодно описывают сотни новых, ранее неизвестных почвенных животных.

Микробиологи постоянно находят неизвестные микроорганизмы, а в 1977 году было открыто новое царство микробов - архебактерии, которые построены из уникальных белков, жиров, ферментов, полисахаридов, не синтезируемых больше никакими другими живыми организмами. Среди этих простейших существ есть формы, лишённые оболочек, они могут синтезировать тела своих клеток из простейших минеральных соединений углерода, азота, серы, многие

из них живут в бескислородной среде. Такие формы, нередко похожие на кусочки битого стекла, несомненно могли жить в условиях, которые существовали на Земле в раннем докембрии. Из этого примера видно, как много мы еще не знаем о почвенных существах. А как можно без знаний управлять этими процессами, как можно поставить их на службу человеку?

Выступления Генерального секретаря ЦК КПСС М. С. Горбачева на апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС, на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса обращают наше внимание на настоятельную необходимость интенсификации всех производственных процессов в стране, в том числе и земледелия - основы сельскохозяйственного производства. Плодородные почвы - дело рук человеческих, а для их создания и поддержания нужны знания о биологических явлениях в почве, умение их регулировать.

От специалистов по биологии почв ждут создания оптимальной по биологическим параметрам почвы для выращивания сельскохозяйственных растений. Это предполагает и борьбу с почвенными вредителями и болезнями растений, и регулирование микробиологических процессов в почве, и биологическую мелиорацию почвенной среды, и поддержание ее санитарного состояния.

Почва остается неисчерпаемым источником живых культур, основным хранилищем генетического разнообразия жизни на нашей планете, она же "экологический щит" биосферы. Именно почвенные организмы обеззараживают вредные органические соединения и патогенную, болезнетворную для человека микрофлору.

Земледелие всегда отражало общий уровень культуры и знаний общества. О плодородии земель заботились во все времена. Но лишь сравнительно недавно осознали, что почва является одной из напряженнейших "арен жизни", что она создана и изменяется в первую очередь благодаря деятельности живых организмов, что о почве можно говорить как о своеобразной биохимической системе.

За всю историю человеческой цивилизации нельзя отыскать ни одного примера создания искусственного плодородного слоя на значительной площади. Может быть, именно поэтомуисячие сады Семирамиды в Вавилоне причислили к семи чудесам света: современников, вероятно, поразило то, что благодаря титаническому труду широкие каменные уступы превратились в плодоносящий сад.

Почва формируется на протяжении огромного исторического периода. Века требуются, чтобы образовалось всего несколько сантиметров плодородного слоя. Потерять же их можно за один-два года, если думать только о ближайших конкретных целях и безрассудно эксплуатировать землю, не заботясь о ее сохранении и о последствиях столь энергичной деятельности. Восстановить же разрушенное неизмеримо трудно.

После успешных первых лет освоения целинных земель возникли непредвиденные осложнения - пыльные бури: ветер поднимал с полей тысячи тонн земли, превращая день в ночь, переносил почву на огромные расстояния.

Дело в том, что в Казахстане и степных районах Сибири применили технологии обработки - вспашки, привычную для европейской части страны. Систематическая вспашка отвальными плугами, применение дисковых лущильников и зубовых

борон и привели к сильному распылению почвы, нарушению ее естественной структуры.

Усилиями советских ученых, удостоенных Ленинской премии, была разработана почвозащитная система земледелия для районов Сибири и Казахстана. Она предусматривает полосное размещение культур, севообороты с короткой ротацией и обязательным полем чистого пара, внесение фосфорных удобрений. Но главная ее отличительная черта - плоскорезная обработка с оставлением стерни на поверхности почвы. При этом пожнивные остатки предохраняют землю от ветровой эрозии, обеспечивают накопление и сохранение влаги. Эта система внедрена более чем на 40 миллионах гектаров сельскохозяйственных территорий.

Специалисты по биологии почвы при этом отмечают, что безотвальная обработка в гораздо меньшей степени отражается на естественных сообществах организмовпочвообразователей. А именно эти организмы сохраняют, регулируют и преумножают биологический потенциал почвы.

В своем, посвященном интенсификации развития агропромышленного производства выступлении на совещании партийно-хозяйственного актива 7 сентября 1985 года в городе Целинограде Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев сказал: "Создание надежной продовольственной базы - задача общепартийная, общенародная.

Апрельский Пленум ЦК на этот счет дал четкую, принципиальную установку: реализация Продовольственной программы - дело неотложное, оно требует особого внимания". Особое внимание он уделил необходимости строгого соблюдения технологии выращивания сельскохозяйственных культур, повышения качества обработки почвы, расширения мелиорированных и прежде всего орошаемых земель, обеспечения их эффективного использования. Специально остановился М. С. Горбачев на необходимости ускорения научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, где успехи в использовании орошаемых земель, в животноводстве не соответствуют затратам сил и средств нашего общества.

Во всех этих областях почвенные зоологи могут и должны найти место приложения своих сил и знаний.

Из года в год земля дает урожаи, вознаграждая земледельца за труд, за умение, за внимание и уважение к ней. Плодородие почвы всегда будет обеспечиваться и удобрениями, и мелиорацией, и правильным управлением биологическими процессами почвы. Иначе неизбежно наступает почвоугнетение, накапливаются вредители и возбудители болезней растений, ослабляются естественные механизмы повышения плодородия почвы.

Земледелие - не только древнейший род человеческой деятельности, оно и извечно мирное занятие. Только в условиях мира возможна реализация планов, рассчитанных на дальнюю перспективу. Только мир на планете способен обеспечить дальнейшее освоение природных богатств, обладание тайнами природы, В наш тревожный век об этом нельзя не думать.

