

БИОЛОГИЯ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1987/6

Л.О.Карпачевский

ПОЧВА,
МЕЛИОРАЦИЯ
И ОХРАНА
ПРИРОДЫ



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

БИОЛОГИЯ

6/1987

Издается ежемесячно с 1967 г.

Л. О. Карпачевский,

доктор биологических наук

ПОЧВА, МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ПРИРОДЫ



Издательство «Знание» Москва 1987

ББК 28.0
К 21

КАРПАЧЕВСКИЙ Лев Оскарович — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник факультета почвоведения МГУ. Автор более 100 научных трудов, 8 монографий. Научные интересы — почвоведение, мелиорация, охрана природы.

Рецензенты: **Зейдельман Ф. Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, **Кауричев И. С.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Карпачевский Л. О.

К 21 Почва, мелиорация и охрана природы. — М.: Знание, 1987. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Биология»; № 6).

11 к.

Уже древние шумеры и египтяне применяли мелиорацию для повышения производительности почвы, что привело к резкому изменению ландшафта. В настоящее время проблемы охраны природы и мелиорации так тесно переплетены, что решение одной из них невозможно без учета другой. Именно этим взаимоотношениям посвящена данная брошюра, где показана также роль почвы в ландшафте, которая главным образом и является объектом мелиорации.

2000000000

ББК 28.0

© Издательство «Знание», 1987 г.



На сотни верст, на сотни миль,
На сотни километров
Лежала соль, шумел ковыль,
Чернели рощи кедров.

АННА АХМАТОВА

Введение

Наверное, уже 10 тыс. лет человечество мелиорирует почву. Осушение проводили древние шумеры, египтяне, римляне. Они же поливали свои поля, зная, что без воды не будет урожая. И все эти 10 тыс. лет мелиорация не вызывала нареканий, вопросов, не была предметом обсуждения. И лишь с некоторого времени и по сей день газеты, тонкие и толстые журналы посвящают свои страницы мелиорации. Одни признают ее необходимость. Другие указывают, предупреждают, отмечают неучтенные экологические проблемы, связанные с мелиорацией.

Мелиорируемые земли — наше богатство. Мало осознается многими противниками мелиорации, что все человечество живет на мелиорированной земле, измененной многовековой деятельностью человека. Изменение окружающей среды, окружающего мира, ландшафта сопровождалось как разрушением некоторых компонентов биосферы, так и созданием новых типов ландшафтов, новых видов биосферы. К этим заново созданным ландшафтам следует отнести многие современные ландшафты Европы, Азии (Китай, Индия, Иран), Америки.

Однако расширение сельскохозяйственной, а значит, и мелиоративной деятельности, как и рост промышленности, вызывает в последнее время законное беспокойство о сохранности окружающей природы. Очевидно, обе эти проблемы — мелиорацию и охрану почв (природы) — следует рассматривать во взаимосвязи.

У человечества есть пока только одна возможность получать все большее необходимое количество продуктов питания — это добиваться высоких урожаев сельскохозяйственных культур на распаханных и возделанных полях. А чтобы почвы давали максимально возможный в этой зоне урожай, они должны обладать оп-

тимальными для возделываемых растений свойствами. Оптимальные условия развития растений создает мелиорация. В решениях партии и правительства неоднократно указывалось на важность мелиорации в решении продовольственной проблемы. Из бюджета нашего государства отпускаются огромные средства на мелиорацию земель, на осушение болот и переувлажненных почв, орошение почв в засушливых районах страны, рассоление солончаков (засоленных почв) и т. д.

Рис, хлопчатник, сахарный тростник, овощи — все эти культуры возделывают на постоянно мелиорируемых, орошаемых почвах. Другие почвы, особенно во влажных условиях (Колхида, Прибалтика), нуждаются в осушении. Сейчас в Аджарии и Абхазии выращивают чай и мандарины на почвах, где когда-то росли леса колхидского типа. Этих лесов почти не осталось. Но вместе с лесами исчезли болезни, некогда бывшие бичом Кавказского побережья: малярия, лихорадка и другие. Люди вырубали леса, создавая плантации виноградников, чая, сады. Был сотворен новый пейзаж, новый ландшафт с террасированными склонами, ухоженными плантациями новых для края растений. Охрана колхидских лесов как естественной растительности края и естественного уголка природы требует теперь совсем другого, нового, решения.

Как совместить мелиорацию и охрану природы? И самое главное, что в наши дни понимать под охраной природы во многих регионах мира, где на протяжении тысячелетий создан новый ландшафт, создана новая природа?

В настоящее время основная установка в деле охраны природы — это контроль (мониторинг) за состоянием окружающей среды и охрана отдельных ее компонентов. Законодательным путем регулируется сейчас охота и рыбная ловля, охраняются леса, воды, почвы, животный и растительный мир, атмосфера. Для каждого из этих компонентов разработаны методы контроля и охраны. Так, главная проблема охраны вод — спасение их от химического и биологического загрязнений. Все, что из атмосферы, при внесении удобрений и химикатов попадает на поверхность почвы, в конечном счете может оказаться в реках, озерах, морях. Но еще большая опасность для природных вод идет от промышленных предприятий, сбрасывающих непосредственно в

водоемы промышленные стоки, часто ядовитые для всего живого. Для борьбы с загрязнением вод применяют сейчас в основном безотходную технологию и очистные сооружения.

Охрана почв призвана оградить наши почвы от химического загрязнения, от эрозии, заражения патогенными микроорганизмами. Охрана почв включает контроль за состоянием почв, разработку методов повышения плодородия почв, их устойчивости к эрозии.

Охрана атмосферы — все тот же вопрос борьбы с ее химическим загрязнением, с выделением в атмосферу газов, выбросов промышленной пыли, которая в виде аэрозоля переносится с ветрами во всех направлениях. Здесь также основные меры — очистные сооружения и безотходная технология.

Сложнее обстоит дело с охраной животных и растений. Эта задача, по существу, сводится к однозначному решению: сохранению генофонда планеты. Но она неизмеримо трудна. Если почву можно восстановить, пусть не быстро и затратив на это большие средства, если воду, тоже вложив большой труд, можно очистить, то исчезнувший вид растений или животных пока восстановить невозможно.

Сейчас проблема сохранения генофонда решается двумя методами: организацией заповедников, резерватов и содержанием особей отдельных видов (как постоянного источника генофонда) в неволе. Другими словами, создаются популяции живых организмов, живущих и развивающихся в совершенно особых, не совсем естественных условиях.

И метод заповедования, и метод содержания в неволе пока еще не получили должного теоретического обоснования и практического испытания. Последние слова покажутся странными читателю, которому известно, что только в СССР создано не менее 135 заповедников. Однако создание этих заповедников не означает создания теории заповедного дела. Так, до сих пор не установлены необходимые размеры заповедников, какую площадь должен занимать каждый проектируемый (и существующий) заповедник для выполнения стоящих перед ним задач. Не совсем ясно, как следует осуществлять контроль за заповедником, как, какие виды и в каком количестве следует сочетать в заповедниках. Нет научной оценки взаимоотношения заповедника с

окружающим незаповедным ландшафтом. Не разработаны оценки допустимого участия человека в жизни заповедника.

Во многие заповедники сейчас интродуцированы, подселены виды животных и растений, ранее здесь не обитавших. Интродукция ставит множество новых вопросов (и далеко не безболезненных) перед наукой и практикой.

В охране нуждается не только естественная природа (простите за невольную тавтологию, поскольку естество и природа синонимы, но просто теперь человека окружает тоже природа, но рукотворная). Не менее важна для нас охрана творений рук человека — городов, поселков, дорог, каналов, набережных и т. д. В неменьшей степени к творениям рук человеческих следует отнести наш сельскохозяйственный, пахотный, возделываемый в течение тысячелетий земельный фонд.

В настоящее время представляется, что ведение сельского хозяйства, в том числе и мелиорация, должно опираться на основные биогеоэкологические принципы, разработанные академиком В. Н. Сукачевым. Только взаимосвязанный анализ разнородных, казалось бы, явлений позволит разработать теорию и организовать практическую систему охраны природы.

Биогеоэкология — наука, принципиально рассматривающая мир как единую экологическую систему, в которой компоненты тесно связаны друг с другом. Нельзя сохранить всю систему, если один из компонентов уничтожен, заменен. В этом случае изменится вся система. Однако и сохранение одного компонента вне системы — тоже очень трудная, а может быть, и невыполнимая задача. Чтобы сохранить хотя бы один компонент, следует организовать для его сохранения целую экологическую систему.

При развитии нашего хозяйства мы должны предвидеть, прогнозировать возможные изменения в экологических системах и делать все необходимое, чтобы они, эти изменения, способствовали сохранению нормальных условий для жизни человека и природы в целом.



Поют деревья, блещут воды,
Любовно воздух растворен,
И мир цветущий, мир природы
Избытком жизни упоен.

Ф. И. ТЮТЧЕВ

Почва и биосфера

Что такое биосфера? Впервые это понятие ввели английский философ и экономист Д. С. Милль (1899) и австрийский геолог Э. Зюсс (русский перевод 1909 г.), назвав биосферой всю совокупность живых организмов на Земле. Но еще в 1894 г. Р. В. Ризположенский при описании почв Казанской губернии применил термин «биосфера» в его сегодняшнем понимании как зону взаимодействия живой и неживой природы. В настоящее время биосферой называют ту часть земной коры, гидросферы и атмосферы, которая является полем деятельности живых организмов.

Структура биосферы. Биосферу подразделяют на три цикла: соленая вода, пресная вода и суша. Циклы состоят из биохор, включающих конкретные господствующие жизненные формы, приспособленные к существованию при определенных метеорологических условиях (тундра, лесная зона и т. д.). В пределах биохоры развивается одна или несколько формаций, которые подразделяют на группы типов биогеоценозов (БГЦ) и отдельные типы БГЦ. Парцелла — основная горизонтальная структурная единица в БГЦ. Она определяется эдификаторами и доминантами растительного покрова, т. е. растениями, формирующими среду, и растениями, господствующими в растительном покрове. В лесных БГЦ парцеллы выделяют по деревьям и напочвенному покрову. В травяных БГЦ — по напочвенному травяному покрову.

Как и вся биосфера, биогеоценоз — это экосистема, но в границах фитоценоза, растительной ассоциации, которая, в свою очередь, состоит из бесчисленного множества самых разных экосистем. Под экосистемой понимают совокупность живого организма с условиями его существования. Можно предложить сле-

дующую классификацию экосистем, отражающую их состав. Экосистемы бывают биогенными, органогенными, биокосными.

Биогенная экосистема — это живой организм на живом организме. Пример такой экосистемы — микроорганизм в теле животного, насекомые в стволе живого дерева и т. д.

Органогенная система — живой организм на мертвом органическом субстрате. Например, личинки насекомых в лесной подстилке, муравьи в сухом пне и т. п.

Биокосные экосистемы — живые организмы среди неживой природы. К ним можно отнести дождевых червей в почве, растения на почве и т. д. Все простые экосистемы объединяются в системы более высокого уровня организации. Так, микроорганизмы обитают в теле аскариды, которая живет в теле волка, а волк обитает в лесу, т. е. одна экосистема как матрешка вкладывается в другую экосистему.

БГЦ — это биокосная экосистема высокого уровня, включающая множество экосистем всех типов. Для БГЦ характерно производство первичной продукции. Это та биомасса, которую синтезируют растения. Созданная биомасса становится первым звеном в трофических цепях и основанием трофической пирамиды.

Трофическая цепь — это поток биомассы по пищевой цепи: жуки едят листья растений, птицы едят жуков, другие птицы и животные едят всех этих насекомых и птиц и т. д. Так формируется одна из трофических цепей. Вторая аналогичная цепь: растения — травоядные животные — хищник — животные, питающиеся падалью.

Фитомассу (первичную продукцию БГЦ) можно считать основанием трофической пирамиды, ибо каждое последующее звено трофических цепей значительно меньше по биомассе, так как в каждом потоке энергии часть ее теряется.

Поскольку гетеротрофы питаются уже созданным органическим веществом (первично автотрофами — растениями), то ясно, что их биомасса будет меньше. А у гетеротрофов 2-го, 3-го и последующих порядков — еще меньше. Так, в ельнике волосистоосоковом ежегодно производится фитомассы до 15 т/га. В то же время масса микроорганизмов, мелких беспозвоночных живот-

ных составляет 1 т/га, крупных травоядных животных до 10 кг/га, хищников до 0,5 кг/га, птиц — до 10 кг/га.

Растения создают биомассу, остальные группы живых организмов ее преобразуют: это фитофаги, сапрофаги, зоофаги, т. е. организмы, поедающие растения, мертвые остатки, живые организмы. При этом наблюдается следующая связь: растения берут из почвы зольные элементы и азот, из воздуха углерод. Животные и микроорганизмы потребляют все эти вещества вместе с органическим веществом растений, которые в конечном счете возвращают в почву. Таким образом, почва — связующее звено между растительным и животным царствами. Все связи биогеоценозов проходят через почву.

Почва. Открытие почвы как природного тела послужило толчком к созданию биогеоценологии и учения о биосфере.

В 1883 г. Василий Васильевич Докучаев, сын сельского священника из деревни Милуково Смоленской губернии, выпускник и магистр Санкт-Петербургского университета, дал определение, ставшее краеугольным камнем для почвоведения, биогеоценологии, биогеографии и вообще наук о биосфере. Надо сказать, что Докучаев дал несколько вариантов определения почвы. Можно сравнить два наиболее известных варианта. Почва — естественноисторическое тело, образовавшееся путем чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительности и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и, наконец, возраста страны. И второе: почвой следует называть «дневные» или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых.

Первое определение явно парадоксально, во втором — парадоксальность смягчена и замаскирована. Парадокс в том, что почва — самостоятельное природное тело. И в то же время она образуется только в случае взаимодействия геологической породы, живых организмов, климата, рельефа, времени. Самостоятельное и одновременно несамостоятельное, зависимое тело. Функция пяти факторов. Нет какого-нибудь фактора — нет почвы. Например, нет геологической породы, тогда образуется водное тело (река, озеро, море, океан), заселенное живыми организмами, или «газовое» тело —

атмосфера. Гидросфера и атмосфера тоже относятся к той же группе природных тел, что и педосфера, почвенная оболочка Земли, — к биокосным телам — так назвал ученик Докучаева В. И. Вернадский эти тела.

Разницу между биокосным и косным телами хорошо выразил Леонид Мартынов: «Ей жизни не хватало, чистой, дистиллированной воде». Конечно, дистиллят — это очень косное тело в отличие от реки, в которой среди водорослей плавают рыбы.

Только твердые (в смысле нежидкие) тела, твердые геологические породы образуют почвы. Если нет живых организмов, то образуются рыхлые горные породы (слои вулканического пепла, свежие песчаные отложения пляжа, лунный реголит). Такие факторы, как климат, рельеф, время, участвуют в формировании всех косных и биокосных тел на поверхности Земли.

В этой мысли — зависимость биокосного тела от живых организмов — заключено все учение о биосфере, вся экология в ее широком смысле. И парадокс одновременной самостоятельности и несамостоятельности почв решается именно в рамках биосферы: все компоненты биосферы самостоятельны и в то же время не могут жить, существовать друг без друга. Все они элементы более сложной природной системы. Не было бы растений, тогда не было бы кислорода для животных, исходных белков и пр.

Какие бывают почвы. Нет, сейчас речь пойдет не о типах почв: черноземах, подзолах, известных почти всем, или менее известных серых лесных, каштановых почвах. Расскажем о другом разделении почв. Если есть факторы почвообразования и если у этих факторов есть определенные градации, так сказать, внутрифакторные подразделения, то следует ожидать, что почва будет отзываться на варьирование фактора. Меняется состояние фактора, меняется почва. Связь почв с изменением горных пород установлена достаточно хорошо. На известняках развиваются более щелочные почвы, чем на гранитах. Или, например, в степи на суглинках развиты черноземы со свойственной им растительностью: ковылем, типчаком, бобовником, а рядом на песках растет сосновый лес. И под сосняком почвы совсем другие — дерново-боровые.

Разный климат формирует ельники на севере, пу-

стыни на засушливом и тропические леса на влажном юге; такая связь природы с климатом хорошо известна. То, что в разных природных зонах формируются разные почвы, давно уже установлено наукой. Закон зональности выдвинул еще Докучаев.

Ну а живые организмы, могут ли они влиять на формирование почв? Теперь доказано, что под разными растениями могут формироваться почвы, заметно отличающиеся по своим свойствам. Конечно, в этом случае связь почв с растениями сложнее. Во-первых, сами растения, их жизнь зависят от климата, геологической породы, рельефа и, конечно, времени. Кроме того, многие растения занимают в биосфере одинаковые экологические ниши. Они одинаково требовательны к экологическим условиям, обладают близким по характеру обменом веществ, поэтому под ними могут развиваться одинаковые или, лучше сказать, близкие почвы.

А каково участие животных? Есть ли в биосфере почвы, образовавшиеся под преимущественным влиянием животных?

Животные и почвы. Влияние животных на почвы было установлено еще в 1882 г. Ч. Дарвин выпустил в тот год книгу, где показал громадную, можно сказать, геологическую работу дождевых червей, в течение 10 лет пропускающих 10-сантиметровый слой почвы через свой пищевод. Дарвин даже считал, что именно дождевые черви создают черноземы. Правда, Докучаев опроверг этот тезис Дарвина в его общей форме, но именно после книги английского натуралиста животных включили в список факторов почвообразования. Докучаев доказал, что основное органическое вещество в почву составляет растение. Корневые системы травяных растений, перегнивая в почве, образуют почвенный перегной, или гумус. Животные перерабатывают органическое вещество, размельчая его, химически изменяя, способствуют более быстрому заселению органических остатков микроорганизмами. Они действительно, как это первым показал Дарвин, перемешивают почву, способствуют часто образованию мощного, достаточно однородного гумусового слоя, того слоя почвы, в котором равномерно распределен перегной.

Может возникнуть вопрос — есть ли в природе почвы, где воздействие животных преобладает? Наверное, есть, но только до сих пор на них не обращали вни-

мания. Какие виды деятельности животных влияют на почву? В первую очередь роющая деятельность. Многие животные копают почвы, делают там свои убежища, норы, ходы, выбрасывают на поверхность материал из нижних слоев почвы. Среди животных есть так называемые норники, которые иногда образуют целые колонии, но все равно это локальное, местное воздействие. Большое влияние оказывают животные, затаскивающие в почву растительные остатки, выделяющие в почву продукты своей жизнедеятельности.

Украинские ученые А. Л. Бельгард и А. П. Травлеев описали группу почв черноземов и серых лесных, сильно отличающихся от обычных типов этих почв. Такие почвы встречаются в лесостепи по балкам, под байрачными, балочными лесами. Весь гумусовый слой этих почв состоит из мелких копролитов, из почвенных комков, прошедших пищеварительный тракт дождевых червей. Заглатывая почву, дождевые черви ее гранулируют, превращая в прочные комочки размером 1—3 мм. Из этих копролитов сложены все так называемые байрачные черноземы (и серые лесные почвы) в балках вблизи Днепропетровска. Можно ли сосчитать, насколько эта почва растительного, а насколько — животного происхождения? Растения, конечно, играют свою (и большую) роль в формировании почвы, но зоогенная почвенная структура отделяет эту почву от других.

Есть еще один вариант животных почв, которые еще не обсуждались в научной специальной литературе. Правда, при выделении этих почв возникает новая проблема.

Подводные почвы. Докучаев почвами назвал «дневные», наружные слои суши. Именно в них разыгрывается процесс образования почвы, гумусового слоя, всего почвенного профиля. Но принципиально те же процессы образования почвенного профиля, гумусового слоя идут и на дне водоемов: пруда, озера, реки, моря, океана. И там тоже наряду с песчаными и каменистыми отмелями и отложениями могут формироваться почвы, обладающие своим профилем, гумусовым горизонтом и определенными биогеоценотическими функциями. Эти донные почвы могут служить убежищем для животных, местообитанием микроорганизмов, способствовать возобновлению животного мира водоемов. Другими словами, принципиальной разницы между наземными и

подводными почвами нет. Первые граничат с атмосферой, вторые с гидросферой — вот главное различие.

Кроме того, в природе есть пойменные почвы, так сказать, почвы-амфибии, которые впервые описаны Докучаевым. Часть своей жизни эти почвы проводят под водой, а часть как типично «дневные» почвы. Мало того, во многих классификациях специально выделяют почвы рисовников, гумусовый горизонт которых большую часть теплого сезона скрыт под водой. Значит, субаквальные, подводные почвы можно отнести к царству почв, как это сделали академик Б. Б. Полынов и С. В. Зонн. Ведь на мелководьях с медленно текущей водой дно водоемов может зарастать растениями, часть которых даже укореняется в донном субстрате.

Итак, сухопутные почвы на суше сменяются в пойме почвами-амфибиями, а затем растительными субаквальными почвами мелководий. Известно, что с определенной глубиной резко меняется характер дна. Свет туда не проникает, и растения на дне расти не могут. В этой части моря водоросли живут в верхнем слое воды. Тут они фотосинтезируют, образуя биомассу. Фитопланктон частично идет в пищу морским животным, частично отмирает и падает в виде своеобразного опада на дно моря. Образно море можно сравнить с многоэтажным домом, где на каждом этаже есть свои обитатели, при этом чем глубже, тем больше среди обитателей животных, которые после смерти также поступают в донные слои. Кроме того, часть их живет на дне моря и даже в самих донных отложениях. В таких глубоководных местах формируются своеобразные почвы, гумус которых обязан своим происхождением животным.

Мы часто встречаемся с такими почвами после того, как они изменятся, претерпев всевозможные геологические преобразования. Например, известняки-ракушечники — это бывшие животные почвы, очень древние и сильно изменившиеся. Таких почв, превратившихся в биогенные геологические породы, — много. Может быть, к ним следует также отнести и юрские глины, залегающие в основании Москвы.

Остатки животных, их экскременты на дне могут образовать гумусовый слой — гумусированный ил, по многим свойствам напоминающий гумусовые горизонты почв суши. Можно выделить, следовательно, почвы пре-

имущественно растительного происхождения, растительно-животного происхождения, преимущественно животного происхождения.

Кстати, чтобы уже окончательно утвердить право на существование субаквальных почв, можно привести пример водохранилищ, искусственных морей. При затоплении суши наземный почвенный покров уходит под воду, и наземные почвы становятся субаквальными. Они меняют ряд своих свойств, но сохраняют гумусовые горизонты и плодородие. Если слой воды невелик (на мелководьях), то на таких почвах бурно развивается водная растительность. Как установил С. А. Владыченский, затопленная почва продолжает жить по «почвенным законам», хотя и приобретает ряд новых свойств. В почве появляется глеевый горизонт, может частично измениться содержание частиц разного размера и т. д.

Анализируя свойства почвы и доказывая возможность существования почв животного происхождения, следует обратить внимание на следующие важные для дальнейшего изложения моменты. Для почв характерно обогащение органическим веществом верхнего слоя, формирование гумусового горизонта. Специфична тесная связь почв с живыми организмами, без них нет почвы. Нижняя граница сегодняшней биосферы проходит по нижней границе почвы.

Почва, биосфера и жизнь. Итак, почва может формироваться как под воздействием только растений (автотрофов), так и под воздействием животных (гетеротрофов). В то же время биосфера должна была возникнуть одновременно с возникновением жизни, если понимать под биосферой зону распространения живых существ, зону их деятельности. А когда возникла почва? Одновременно с биосферой? Вместе с возникновением жизни? А может быть, почва возникла раньше, чем возникла жизнь? Может, сама жизнь — это следствие возникновения почвы? И может быть, очередность в появлении на нашей Земле интересующих нас феноменов была такой: почва — жизнь — биосфера?

Здесь, конечно, можно зайти в непроходимые дебри гипотез о происхождении жизни. Однако обсудим эту проблему исходя из высказанного предположения, которое можно сформулировать так: жизнь возникла в почве, а не в горной породе, не в твердом субстрате.

Существуют четыре гипотезы происхождения жизни

на Земле. Они обнаружены в научных и популярных книгах. Первая рассматривает жизнь на Земле как явление, привнесенное извне. Ясно, что сама по себе эта гипотеза касается не происхождения жизни вообще, а только появления ее на Земле. Поэтому ее не стоит разбирать, так как она или сводится к другим теориям, или же предусматривает вечное существование в космосе зародышей жизни, живой материи в благоприятных условиях, порождающих многообразие жизненных форм.

Вторая гипотеза — возникновение жизни в воде. Эту гипотезу, пожалуй, первым обосновал микробиолог Н. Н. Худяков, работавший в Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. Наиболее известна теория, разработанная академиком А. И. Опариным. Главная идея этой теории — образование на Земле морей, может быть, озер из первичного органического бульона. В этом бульоне плавали всевозможные органические вещества, в том числе аминокислоты, нуклеотиды, сахара, жиры, белки и пр. В этом бульоне и начались процессы синтеза ДНК, РНК, белков и т. д. Такое упрощенное изложение сути этой теории вполне достаточно для раскрытия основной мысли брошюры. По «водной» гипотезе сначала возникла водная биосфера, лишь потом захватившая сушу.

Третья гипотеза была выдвинута совсем недавно вулканологом Е. К. Мархониным. Ее можно назвать и воздушной, и вулканической гипотезой. Мархинин считает, что при извержении в тепловых тучах содержится масса веществ, часть из которых может даже быть в виде свободных радикалов. Высокий энергетический потенциал туч (высокие температуры, давление, мощные электрические разряды — молнии) способствует синтезу многих органических веществ, в том числе и аминокислот. Что электрические разряды способствуют такому синтезу, уже доказано. Поэтому гипотеза Мархинина не выглядит неправдоподобной.

Четвертая гипотеза была высказана академиками Н. Г. Холодным и В. Р. Вильямсом: жизнь произошла только в почве, по словам Вильямса, в «рухляке выветривания», очевидно, типа лунного реголита. В пользу этой гипотезы, по Вильямсу, говорят следующие соображения. До возникновения хлорофиллсодержащих организмов в атмосфере Земли не было кислорода, не было озонового экрана, и мощное ультрафиолетовое излучение

должно было убивать все живое в поверхностных водах океанов и морей. А в тени рухляка выветривания ультрафиолетовое излучение не действовало.

Не будем обсуждать эти гипотетические проблемы, хотя, безусловно, для оценки возможности и путей возникновения жизни необходимо правильно реконструировать природные условия этого момента. Одно из таких условий — возможное поведение и состояние органического вещества на планете до возникновения жизни. Но сначала надо коснуться еще одной темы.

Почва и органическое вещество. Как уже неоднократно говорилось, одно из самых важных отличий почвы от горной породы — их гумусированность, обогащение органическим веществом. В наиболее полной книге Д. С. Орлова органическое вещество почвы делится на специфические гумусовые вещества и неспецифические. Неспецифические представлены аминокислотами, органическими кислотами (лимонной, щавелевой и другими), углеводами, ферментами и массой других веществ. Они поступают из живых организмов, животных и растений, при разложении мертвых организмов. Количество их в почве постоянно колеблется.

Более стабильно содержание специфических гумусовых веществ в почве: гумина, гуминовых кислот, фульвокислот. По Орлову, их содержание определяется количеством дней с температурой воздуха больше 10°C и с влажностью почвы, достаточной для снабжения растений водой. В состав гуминовых кислот входит ароматическое ядро, карбоксильные группы, фенольные группы, и в результате все эти составные части образуют очень крупную молекулу, молекулярный вес которой сильно колеблется, нестабилен.

Постоянство содержания и состава гумуса — очень важное свойство почвы, в какой-то степени ее паспорт. Погодные условия мало влияют на состав и содержание гумуса в почве. Мало того, как установил почвовед А. Д. Фокин, полимерные молекулы гумуса могут обменивать отдельные свои части-блоки на такие же «свежие». Другими словами, из здания молекулы гумусовых кислот, сложенных, как из кирпичиков, из отдельных полимеров, вынимают один кирпич и вставляют другой. Этот процесс напоминает замену участков хромосом или такую вставку в цепь ДНК или РНК. Мало того, есть гипотеза о еще более важном свойстве гумуса, гумусо-

вых веществ. Ее выдвинули новосибирские почвоведы М. И. Дергачева и И. М. Гаджиев: гумусовые вещества как бы воспроизводят себя. Они закрепляются в почве, на почвенных минералах, на минералогической матрице. Образуется как бы минерально-органическая матрица, которая постоянно воспроизводится и воспроизводит гумусовые вещества по мере их срабатывания (потребления гумуса микроорганизмами, окисления его кислородом воздуха и т. д.).

Что гумусовые вещества образуют матрицу (обычно ее называют органоминеральным комплексом, гумусово-минеральным комплексом), подтверждают микроморфологические исследования почв под микроскопом. Видно, как во многих почвах гумус покрывает, одевает минеральные зерна или образует плазму вместе с илом и коллоидами. В последнем случае видны скопления плазмы. Обобщая все эти рассуждения, можно сделать следующее заключение: почва отличается от горной породы наличием в ней закрепленного органического вещества — гумуса. Следовательно, можно принять или, если хотите, предположить, что рыхлая горная порода, обогащаясь органическим веществом, приобретает определенные почвенные свойства. Ее можно считать по крайней мере примитивной почвой. Минеральная часть почвы и гумус образуют минерально-органическую матрицу, способную к воспроизводству органической части этой матрицы.

Возникновение почвы, жизни и биосферы. Если принять, что когда-то на Земле были моря и океаны, напоминавшие бульон, содержащий разные органические вещества, то следует признать, что растворы, циркулирующие в земной коре и в ее поверхностных оболочках, также содержали органические вещества. А это значит, что часть органического вещества «поглощалась» минеральными и в результате этого поглощения образовывалась минерально-органическая матрица, т. е. почва! Другими словами, сначала появилась почва! Она была первой из всех сегодняшних живых и биокосных компонентов биосферы (наряду, конечно, с природной водой, содержащей органическое вещество).

Процесс возникновения жизни был длительный, не менее двух миллиардов лет, как признано сейчас многими исследователями. М. Эйген и П. Шустер (немецкий и австрийский ученые) считают, что собственно жизни,

возникновению ДНК, РНК (и тем более живых клеток) предшествовало образование гиперциклов, макромолекул, способных так или иначе себя воспроизводить, эволюционировать, т. е. над ними был властен дарвиновский естественный отбор.

Как могли образовываться такие макромолекулы? Предположим, что они образуются в растворе путем полимеризации: встречаются в растворе разные макромолекулы, более мелкие молекулы присоединяются друг к другу, образуют более сложную макромолекулу и т. д. Идет отбор полимеров, усложнение их, синтез ферментов, при этом все эти соединения в растворе (в бульоне) должны быть все время сближены, рядом, так сказать, в одной чашке бульона. Возникает сомнение в реальной возможности таких условий в растворе. Постоянное перемешивание затрудняло бы функционирование таких систем, их отбор и усложнение. Мало того, эволюция, жизнь идет в сторону усложнения организмов, формирования гомеостаза, требующего постоянного притока энергии. А ведь в первичном бульоне более вероятны реакции, приводящие к образованию инертных соединений. Известно, что белки наиболее устойчивы при 20—40°C, при этой температуре наиболее вероятно образование инертных соединений.

Если же предположить, что такие макромолекулы образовывали матрицы с минералами, тогда понятно, почему эти молекулы сохранялись в активном состоянии. Минералы предохраняли макромолекулу от разрушения. Вкрапление в минерал атомов тяжелых металлов — марганца, молибдена, хрома — создавало возможность каталитического влияния минералов на процессы синтеза органических веществ, обмена, репродукции. Другими словами, сначала «ферментные системы» были представлены неорганическими и абиотическими катализаторами. Часть их и сейчас сохранилась в живых организмах или по-прежнему играет свою каталитическую роль в процессах жизни некоторых живых организмов.

Минерально-органические матрицы могли находиться на дне океана, в донном слое или на суше. В первом случае образовывались субаквальные, во втором — наземные, сухопутные почвы, первичные почвы, протопочвы.

Итак, согласно нашим рассуждениям, сначала возникла почва. На ней возникла жизнь в результате от-

бора, эволюции органических макромолекул на фоне подтока органических веществ к минерально-органической матрице с помощью каталитических реакций, которым способствовали разные элементы, содержащиеся в минеральной матрице.

Возникновение почвы в историческом плане раньше живого вещества не отменяет определения Докучаева, что почва формируется под воздействием пяти факторов, включая живые и мертвые организмы. Мертвые организмы и различные органические соединения и сейчас поступают в почву и способствуют ее формированию. Просто жизнь стала таким мощным фактором, что на ее фоне влияние органических соединений абиотического происхождения значительно меньше.



Годы, люди и народы
Убегают навсегда,
Как текучая вода
В гибком зеркале природы.

ВЕЛИМИР ХЛЕБНИКОВ

Скорость почвообразовательных процессов и изменение свойств почв

О возможности изменения почв и ландшафтов при мелиорации можно судить, лишь зная скорость протекания почвенных процессов. В известной триаде И. П. Герасимова: факторы — процессы — свойства — нельзя рассматривать время как фактор. Даже в рамках одной системы (почва на сугубо однородной основе с точно датированным началом почвообразования) время действия фактора, время возникновения данного почвообразовательного процесса и время формирования свойства почвы — разные категории, имеющие разную длительность. Время, скорее, условие проявления и факторов, и всех остальных членов триады.

Факторы почвообразования можно рассматривать как постоянно действующие члены триады (в рамках одной системы, конечно). Несмотря на определенную флуктуацию факторов, суммарное их воздействие способствует возникновению данного процесса. Но прояв-

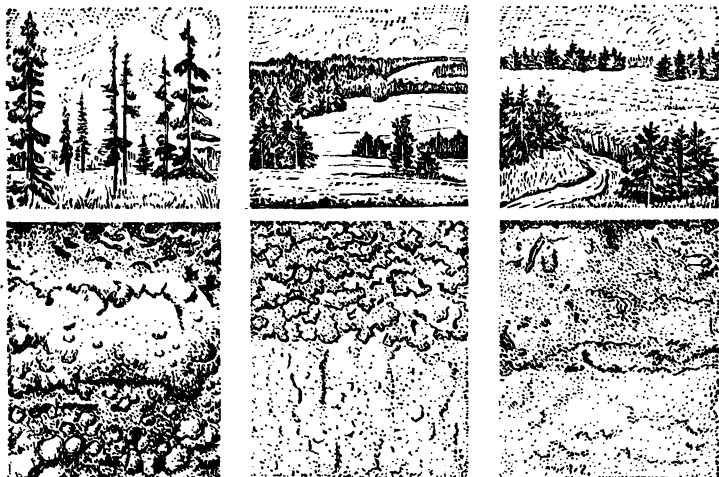


Рис. 1. Сильноподзолистая иллювиально-железистая супесчаная почва обычно встречается на хорошо дренированных склонах и вершинах моренных гряд и холмов. Они формируются под сосняками с напочвенным покровом из ягеля на элювии коренных изверженных пород и на грубоскелетных моренных отложениях (слева). Почти белый подзолистый горизонт, залегающий непосредственно под подстилкой, обычно не превышает 5—8 см. Его сменяет иллювиальный горизонт яркой охристой окраски, в котором содержится до 2—3% гумуса. Охристая окраска исчезает на глубине 50—60 см. Среднеоккультуренная подзолистая суглинистая почва на лёссовидном суглинке (в середине). Мощность пахотного слоя 20—25 см, содержание гумуса 2—3%. Обеспеченность усвояемыми формами питательных веществ выше, чем в слабооккультуренных почвах (до 10—15 мг P_2O_5 на 100 г почвы). Слабооккультуренная подзолистая глееватая суглинистая почва на ленточной глине (справа). Глубина пахотного слоя таких почв не превышает 18 см, содержание гумуса редко достигает 2,5%. Слабооккультуренные почвы не насыщены основаниями и бедны подвижными формами питательных веществ (5—10 мг на 100 г почвы)

ление процессов и выявление свойств даже при одних и тех же факторах могут отличаться, в результате чего могут формироваться разные почвенные профили с разными свойствами (рис. 1, 2, 3, 4).

Отличия в первую очередь обусловлены скоростью процессов и формирования свойств почв, а также стадией развития процесса и свойства. Например, выщелачивание (лессиваж) может идти в разных точках почвенного покрова с различной скоростью, что связано с

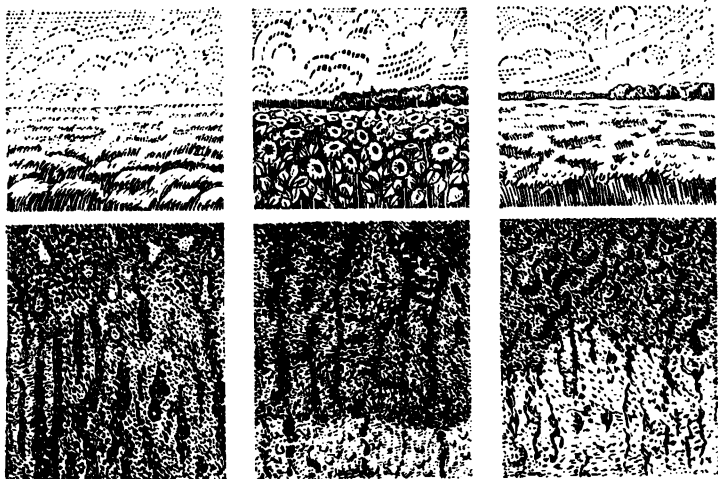


Рис. 2. Чернозем обыкновенный тучный глинистый содержит до 70% физической глины, богат карбонатами (слева). Формирующиеся на глине обыкновенные черноземы имеют гумусовый горизонт глубиной 60—70 см, содержание гумуса нередко превышает 10%. Количество гумуса в метровом слое достигает 600—700 т/га, иногда до 800 т/га. Эти черноземы имеют хорошо выраженную водопрочную комковато-зернистую структуру. Чернозем обыкновенный среднегумусовый на тяжелом лёссовидном суглинке широко распространен в правобережной части Саратовской области (в середине). Мощность гумусового горизонта не превышает 50—55 см. Содержание гумуса в горизонте А около 7—8%, запасы в метровом слое 400—450 т/га. Чернозем обыкновенный среднегумусовый среднемощный приурочен к предбалочным понижениям и малозаметным впадинам на плато и склонах (справа).

неодинаковой влагопроводностью в этих точках. При одинаковой скорости этого процесса в разных точках может отличаться время начала процесса. Известно также, что разные свойства почвы неодинаково реагируют на воздействие факторов и процессов. Некоторые из них достаточно консервативны, другие — динамичны.

Изменения факторов почвообразования. Из пяти общепринятых факторов почвообразования более или менее константными (вернее, относительно неизменными) следует считать рельеф и материнскую породу. Рельеф теоретически нельзя считать постоянным. Скорость изменения рельефа в условиях эволюционного развития поверхности на несколько порядков меньше изменчи-



Рис. 3. Горно-подзолистая иллювиально-гумусовая каменистая почва формируется на продуктах выветривания кристаллических пород, под пологом горных лесов с моховым напочвенным покровом (слева). Под подстилкой залегает подзолистый горизонт мощностью 5—10 см, верхняя часть которого (2—3 см) под торфяной подстилкой окрашена гумусом. Горная мерзлотно-таежная торфянистая неоподзоленная глееватая почва (в середине). Мощность торфяного слоя достигает 20—25 см. Под ним залегает небольшой окрашенный гумусом горизонт, постепенно переходящий в желто-бурый слой. Субальпийская горно-луговая почва формируется под высокоотравными субальпийскими лугами (справа). Верхний горизонт достигает 20—25 см; имеет буроватую окраску и содержит 10—12% гумуса. По И. С. Кауричеву и И. Д. Громыко

вости других факторов. Катастрофические изменения рельефа обычно сопровождаются уничтожением существующих биогеоценозов и уничтожением предыдущих почв.

Более изменчивы такие факторы почвообразования, как климат и биоценоз. Для большинства регионов нашей планеты (тем более для умеренного пояса) характерны следующие виды изменчивости климата: 1) изменчивость погодных условий; 2) сезонная цикличность; 3) многолетняя периодичность; 4) возможны также вековые (тысячелетние) периодичности; 5) направленный дрейф изменений климатических условий.

Влияние указанных видов изменчивости климата весьма различно. Изменчивость погодных условий в те-

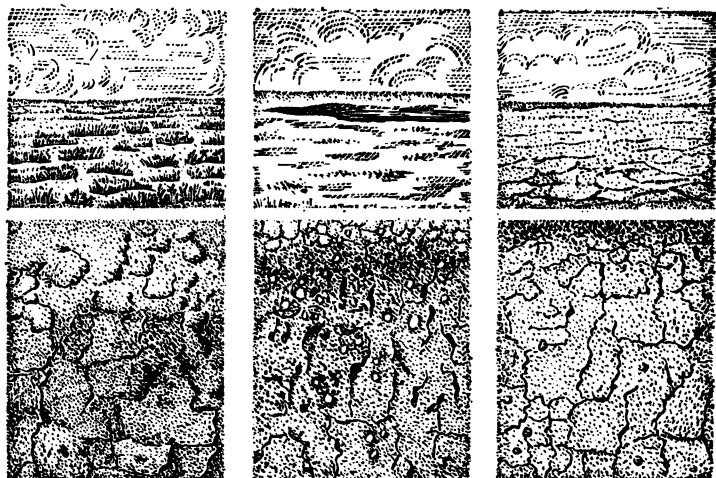


Рис. 4. Браяя полупустынная (казахстанская) легкосуглинистая почва на лёссовидном суглинке (слева). Количество гумуса в верхнем слое 1,5—2%, засолены меньше, чем прикаспийские брые почвы. Солончак соровой распространен под днищами периодически пересыхающих бессточных соленых озер и руслами древних рек (в середине). Такыр типичный распространен на плоских понижениях дельт рек (справа). Поверхность покрыта плотной палево-серой или розовой коркой толщиной 3—5 см, разбитой на мелкие полигоны. Содержание гумуса не превышает 0,2—0,5%

чение сезона может сопровождаться изменением ряда свойств почв. Затажные дожди в летний период способствуют оглеению¹ почв (поверхностных горизонтов), иногда возникновению верховодки², что сопровождается изменением солевого и воздушного режимов почв, их биологической активности. Засушливые периоды, особенно после дождливых, могут способствовать образованию железистых зерен, орштейнов, усиленному разложению опада, минерализации гумуса и т. д. Поскольку в каждой местности наблюдаются вполне определенные колебания погоды, то в течение многолетнего периода эти колебания как бы суммируются в профиле почвы, создают характерный для данной природной обстановки

¹ Оглеение — образование голубоватой окраски в почве в результате накопления минералов с двухвалентным железом.

² Верховодка — вода в профиле почвы при временном переувлажнении.

почвенный профиль. Пока остается открытым вопрос об обратимости и необратимости тех или иных изменений, обусловленных колебаниями погоды, о гистерезисе или несовпадении характера ряда функциональных изменений почвенных свойств, связанных с возрастанием и уменьшением значений влажности и температуры.

Сезонная цикличность климата обязательно сопровождается динамикой ряда свойств почв. Цикличность поступления в почву осадков вызывает цикличность в растворении и выносе веществ. Цикличность в изменении температуры почв приводит к цикличности в скорости большинства химических реакций почвы. В частности, реакции обмена в почве резко интенсифицируются при повышении среднесуточных температур от 0 до 5°C, увеличивается доступность подвижных питательных веществ. С сезонной изменчивостью (цикличностью) коррелируют такие свойства почвы, как pH, содержание растворимых солей в почвенном профиле, сумма обменных оснований, концентрация подвижных веществ, плотность почв, водопроницаемость, твердость. Многие из этих свойств способны к циклическому изменению, т. е. изменения обратимы, и почвы восстанавливают свое исходное состояние к началу нового цикла сезонов. Но возможен и определенный необратимый дрейф свойств, который, накапливаясь из года в год, приведет к количественному и качественному изменениям свойств, а следовательно, почвы.

В годовом цикле (сезонная изменчивость) следует отметить свойства почвы, связанные с ее влажностью (плотность, твердость, растворимость некоторых веществ, pH и др.).

Многолетняя периодичность погодных условий (периодичность лет с избыточным увлажнением, экстразасушливых) может сказаться на морфологических свойствах (верхняя и нижняя границы скопления определенных новообразований, тип гипсовых конкреций, карбонатных скоплений, ортштейнов и т. д.), на биогеоценозе (выпадение тех или иных компонентов) и, следовательно, изменении некоторых свойств почв. В данном случае может проявиться косвенная роль климатических факторов — под их влиянием изменяются биоценозы.

Свойства почвы изменяются также в зависимости от сезонного влияния биоценоза, совокупности животных,

растений, микроорганизмов. Периодичность жизнедеятельности биоценоза приводит к определенной периодичности изменений некоторых свойств почвы. Например, основное поступление опада во многих биогеоценозах приурочено к началу и концу паузы в жизнедеятельности биоценоза (осенний максимум в лесах умеренной зоны, сухой период в тропиках). В зависимости от времени поступления опада может изменяться характер его разложения и гумификации. Неравномерность потребления питательных веществ и выделения ионов H^+ и OH^- из корней в почву, поступления веществ из опада также обуславливает определенную динамику соответствующих свойств почвы. Эти изменения цикличны, и теоретически почва должна в конце цикла вернуться к исходному состоянию.

Таким образом, динамика и изменчивость свойств почв в значительной степени определяются такими внешними для почвы факторами, как климат и биоценоз.

Влияние свойств почв на скорость почвообразования. Для почвы как природного тела характерны определенные свойства, влияющие на скорость трансформации почвы. К ним следует отнести буферную способность почв к разным воздействиям, зависимость почти каждого свойства почвы не от одного, а от нескольких компонентов и элементов биогеоценоза и т. д. При этом следует сразу расчленить два возможных пути формирования почвенного признака (свойства). Один путь, например формирование гумусового горизонта на сильно эродированной почве, можно проследить, так сказать, от нуля. Вначале признак формируется очень медленно, затем резко ускоряется, достигает определенного максимума (80—90% равновесного) и потом уже медленно приближается к равновесному уровню.

В условиях когда какие-то свойства почвы уже сформировались, воздействие фактора может изменить их. В первый период после воздействия свойство может быстро измениться, но затем система (в данном случае почва) компенсирует воздействие, и на какой-то период уровень развития свойства может превысить равновесное значение. Если воздействие продолжается (фактор действует в том же направлении), то уровень свойства может еще несколько раз колебаться (то выше, то ниже какого-то уровня) и в конечном счете снизиться и даже «исчезнуть».

При исследовании необходимо учитывать, в какой период изменения мы наблюдаем данное свойство, ибо от этого зависит и прогноз изменения, и оценка исходного состояния. Безусловно, что для разных свойств указанные периоды имеют разную длительность. Поэтому, оценивая скорость изменения свойств почв, необходимо учитывать нулевой уровень и длительность разных периодов изменения свойств.

Скорость формирования почв. Существующие данные о скорости изменения и характеристике воздействия (направленности изменения) свойства часто выглядят противоречивыми в значительной степени из-за неточного определения исходного уровня развития почвы и периода изменений.

Например, для формирования гумусового горизонта мощностью 10 см требуется около 2000 лет. Г. Иенни (США) описывает в Альпах хорошо развитый подзол, сформировавшийся за 1000 лет. Через 30 лет после отложения пепла в результате извержения вулкана в Индонезии в нем накопилось 2,1% гумуса в слое 0—15 см. Р. Ф. Чэнндлер (США) сообщает, что на Аляске за 1000 лет развития на морене (ледниковом отложении) сформировался настоящий подзол с осветленным горизонтом мощностью 5—10 см.

Другие данные свидетельствуют, что для формирования гумусового горизонта достаточно от 500 до 20 лет! Так, на курганах вятичей (Московская область) высотой 2,5—3 м и диаметром до 5 м за 500—700 лет сформировался гумусовый горизонт мощностью 7—12 см с содержанием гумуса до 5—7%. Одновременно обозначился горизонт выщелачивания мощностью до 20 см с четко выдержанным осветлением и минимумом обменных оснований. Иногда морфология почв может изменяться еще быстрее. Так, выбросы крота на поверхности почвы через 20 лет становятся неотличимыми от ненарушенной почвы. При этом верхний слой гумусируется. Скорость формирования горизонтов почвы зависит от площади участка, на котором идет восстановление (или изменение) почвы. Удалось обнаружить обратную линейную (в первом приближении) зависимость скорости формирования почвенного профиля от площади повреждения.

Различные нарушения почв, например в результате ветровала, сохраняются в течение 200—500 лет в зави-

симости от составляющего их субстрата. В ельнике волосистоосоковом были обнаружены вывалы на глубине 30—40 см по крайней мере более 200-летнего возраста. При этом было отмечено, что вывал — вторично рассечен трещиной, нарастающей вверх от более старой трещины нижнего горизонта. Следовательно, время образования трещины может измеряться 200 годами.

Особенности изменения почвенных свойств. Проблема скорости формирования почвенных горизонтов тесно связана с проблемой сохранности уже сформировавшихся горизонтов. Можно предвидеть два возможных варианта. Например, погребенный профиль почвы (горизонт) остается в толще, затрагиваемой активным почвообразованием (движение растворов, различные нарушения и т. д.). В этом случае профиль быстро теряет свои отличительные свойства и становится аналогичным, соответствующим данной глубине горизонтам почвы.

Когда же погребенные горизонты выключаются из активного слоя почвы, то погребенный профиль может сохраняться очень долго. Так, в тех же курганах вятичей погребенный на глубине 175—200 см профиль сохранил все свои исходные горизонты. При этом мощность погребенного горизонта — 5 см, а осветленного — 5—10 см. Мощность современного горизонта A1—5—10 см, A2—15—20 см. Происходит уплотнение почв, уменьшение мощности горизонта. Частично осветляется гумусовая прокраска почвы.

Наблюдения за пахотным горизонтом показывают, что по крайней мере в течение 100 лет после посадки леса в профиле дерново-подзолистой суглинистой почвы сохраняются следы пахоты (нижняя граница его наиболее отчетлива и выравнена). В суглинистых дерново-подзолистых почвах Подмосковья этот горизонт — свидетель некогда находившейся на месте сегодняшнего леса пашни.

Возраст почвенного покрова. Оценка времени почвообразования, а также скорости его требует выделения таких понятий, как возраст почвенного покрова зоны (почвенного региона), возраст почвенного покрова БГЦ и возраст почвенного профиля.

Эти понятия далеко не тождественны. Возраст почвенного покрова района (ландшафта) отражает скорость дифференциации почв в пределах катены (участок

ландшафта от водораздела до нижней части склона) и многовековое (тысячелетнее) влияние факторов почвообразования. В разных зонах (регионах мира) возраст почвенного покрова значительно отличается: в тропических лесах почвенный покров насчитывает миллионный возраст, в вулканических районах и в поймах рек — несколько лет. Для каждого региона теоретически можно установить то время, в течение которого сформировался данный почвенный покров. Так, в южной тайге почвенный покров формировался около 5—7 тысячелетий. После этого он, судя по данным Н. А. Хотинского, существенно не изменился.

И совсем другой возраст у индивидуальных почвенных профилей, особенно лесных биогеоценозов. Здесь профиль почв может пройти несколько циклов почвообразования, хранить наряду с современными и унаследованные свойства, а может в пределах одного и того же БГЦ отражать лишь действие данного ценоза (например, формирование почвы в пределах ветровального комплекса). Другими словами, почвенный профиль одного биогеоценоза может оказаться разновозрастным. В то же время может отмечаться и разновозрастность горизонтов почвы.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что вопросы скорости почвообразования должны решаться лишь на основании детального изучения структуры почвенного покрова в пределах биогеоценозов.



...И нивы полосаты,
Вдали рассыпанные хаты,
На влажных берегах бродящие стада,
Овны дымные и мельницы крылаты,
Везде следы довольства и труда.

А. С. ПУШКИН

Почвы и их использование

Начиная с 7 тысячелетия до нашей эры почва — основа сельскохозяйственного производства. Она главный источник продуктов питания. Море и искусственные производственные площади (гидропоника, теплица) играют

заметно меньшую роль в производстве продуктов питания. Из океана человек берет около 30—40 млн. т морской рыбы, беспозвоночных животных, водорослей.

С поверхности суши, на почвах Евразии, Австралии, Африки, Америки (без социалистических стран) ежегодно получают около 300 млн. т пшеницы, такое же количество риса, 250 млн. т кукурузы, 200 млн. т ячменя, овса, ржи, 100 млн. т сорго, проса, 300 млн. т картофеля, 100 млн. т фруктов, 60 млн. т бобовых, 30 млн. т лука и помидоров, 60 млн. т чистого сахара, 20 млн. т растительного масла, 100 млн. т мяса, 14 млн. шт. яиц, 400 млн. т молока (по данным ФАО).

Сколько человеку земли надо? Производство всех этих продуктов обеспечивают пашни, пастбища и сенокосы. Площадь пашен сейчас составляет 10% площади суши. В Северной Америке на душу населения приходится 1,62 га пахотной почвы, в СССР — 0,82 га, Западной Европе — 0,2 га, Западной Азии — 0,2 га, Восточной Азии — 0,32 га. Урожайность в килокалориях в среднем составляет соответственно 10—9,3—30—22—14,5 ккал/га.

Одновременно на площади около 30 млн. км² пастбищ кормится более 3 млрд. голов скота, а на птицефермах и в личном хозяйстве ежегодно возвращают 3 млрд. индюков, гусей, уток, кур.

Оценивая всю продуктивность биосферы в 83 млрд. т (из них 53 млрд. т — суша, 30 млрд. т — океан), следует отметить, что пахотные почвы производят более 9 млрд. т органической продукции. Годовая продуктивность пастбищ составляет около 12 млрд. т сухого органического вещества.

Итак, 10% площади суши кормят все человечество. Эти земли расположены в тропиках, субтропиках, степях и частично занимают лесную зону умеренного климатического пояса. Очевидно, еще есть резерв для расширения посевных площадей. Но более важная проблема — повышение продуктивности почвы, следовательно, повышение урожая. Именно эту задачу решают совместно почвоведение, агрохимия и мелиорация.

Что такое современный ландшафт? Современный ландшафт густонаселенных стран создан человеком. Пашни, пастбища, сенокосы, посадки деревьев и лесов — вот реальные компоненты сегодняшнего ландшафта, современной природы. Анализ старых карт, на-

пример Московской области, свидетельствует, что многие современные леса растут на землях, которые были пашнями в XVIII в.

Формирование на базе природного ландшафта нового, искусственного — реальная действительность, а может, даже и насущная необходимость в жизни человека. Без изменения ландшафта, без приспособления его к своим нуждам человечество не могло (и не сможет) выжить. Так, ежегодно в естественных лесах южной тайги производится 10 т/га биомассы, в березняках зоны смешанных лесов — 12, в широколиственных лесах — 13, субтропических — 25 и тропических — 25, в саваннах производится 7—12, в черносаксаульных — 12 т/га (данные Н. И. Базилевич). Эти данные приближительные, дающие представление о средней величине ежегодного прироста биомассы.

В то же время 1 га сельскохозяйственных угодий дает только полезной продукции (зерна, семян, волокна, корней, клубней в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры) значительно больше, чем гектар естественного ландшафта. Так, урожай зерновых измеряется сейчас 4—5 т/га, кукурузы — 20 т/га биомассы, сахарной свеклы — 60, картофеля — 30 т/га и т. д. В тропических странах с 1 га снимают 2—3 урожая, что в 2—3 раза превышает ежегодный прирост биомассы естественной растительности.

Однако освоение земель ставит множество экологических проблем и сейчас и еще больше — в будущем. Рост населения неуклонно будет сопровождаться расширением обрабатываемой площади и увеличением техни-

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

□ Ежегодно на нашей планете вспахивают более 10 млн. км² в среднем на глубину 20—25 см. Следовательно, перемещается 2000 млрд. м³ почвы. Объем этой почвы равнозначен горе высотой 5000 м и диаметром в основании 40 км, т. е. сравним с такими вершинами, как Ключевская сопка, Эльбрус, Казбек.

□ Установлено, что если мы сумеем за год сберечь от эрозии, от сноса водой и ветром верхний слой почвы мощностью 0,1 мм хотя бы на 10% пашни, то удержим в почве 50—200 тыс. т таких питательных элементов, как азот, калий, фосфор. Это равносильно работе трех громадных химических комбинатов в течение года.

□ В. В. Докучаев, основатель почвоведения, в своих лекциях любил приводить примеры того, как пустыни поглотили древние ци-

ческого вмешательства в жизнь почвы и ландшафта в целом (обработка полей химикалиями, внесение удобрений, сама вспашка, сроки сева и уборки урожая и т. д.) — все эти стороны нашей деятельности влияют на жизнь ландшафта и будут влиять, впредь.

Формирование нового ландшафта включает следующие технологические моменты.

1. Создание новой структуры ландшафта. Кроме нового размещения основных угодий (лугов, пашен), создаются дороги, пруды, населенные пункты, что приводит к определенным экологическим последствиям.

2. Обработка изменяет почву. Человек создает агроценозы, неустойчивые к природным условиям и требующие постоянного вклада труда и капитала для поддержания их на определенном уровне. Изменяется природный ритм жизни ландшафта. Все эти факторы приводят к существенному изменению экологии территории. Исчезновение естественных биогеоценозов или их резкое изменение под влиянием соседних агроценозов приводит к исчезновению многих растений и животных. Иногда это исчезновение необратимо.

3. Освоение ландшафта сопровождается его мелиорацией, осушением избыточно увлажненных почв, орошением. Иногда изменяют сам рельеф ландшафта — планируют территорию, спрямляют речки, проводят систему каналов и т. д. Мелиорацию в первую очередь проводят для создания благоприятного режима почв (территории). Кроме того, мелиорируют засоленные почвы (удаляя соли из ее профиля), солонцовые почвы (заменяя обменный натрий на обменный кальций). Про-

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

визации, как Везувий засыпал пеплом Помпею и Геркуланум. «Лишь четвертая стихия — земля-почва, с их растительностью и животным миром, относилась более милостиво и благожелательно к человеку, постоянно служа истинной кормилицей своего, в сущности, совершенно беспомощного господина. С ее-то дарами и благами — с этими многочисленными плодами земными, в самых разнообразных формах и видах, и связана теснейшим образом вся наша жизнь, со всеми ее мельчайшими проявлениями...»

□ Л. Н. Толстой в разговоре с В. В. Докучаевым рассказал о существовании у итальянцев переносных почв, т. е. таких почв, которые они переносят, увозят вместе с собой при перемещении местожительства. Пользуются они ею для культуры роз на бесплодных

водят и другие работы, в частности сбор камней для уменьшения каменистости почв.

Физические свойства почвы. К физическим свойствам почв относят структуру, влагоемкость, влагопроводность, аэрированность. И агротехника, и мелиорация опираются на знание этих свойств почв. Из ряда физических свойств рассмотрим важнейшие, определяющие как методы и приемы мелиорации почв, так и экологию окружающей территории.

Гранулометрический (механический) состав почв. Разделение почв по гранулометрическому составу на пески, супеси, суглинки, глины известно давно и учитывалось в земледелии еще в Древнем Риме.

В настоящее время в советском почвоведении используют классификацию по гранулометрическому составу Н. А. Качинского (табл. 1). Она построена на основе содержания частиц диаметром 0,01 мм. Содержание остальных фракций (ила, крупной пыли, песка) учитывается в полном названии почв. Например, иловато-пылеватый тяжелый суглинок содержит фракцию 0,01 мм в пределах 40—50% массы почвы. При этом наибольшее количество в почве пылеватой фракции (частиц диаметром 0,001 мм) — иловатая фракция — и меньше всего в почве песчаной фракции (частиц диаметром 0,05 мм).

Гранулометрический состав в значительной степени определяет многие другие физические, физико-химические, химические и как следствие экологические свойства почв. Он определяет структуру почв, влагоемкость, водопроницаемость и фильтрацию, физические свойства,

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

скалах у своих жилищ. Докучаев ответил ему, что в Дагестане и Чечне на высотах аула Гуниб местные жители сеют кукурузу на крышах саклей тоже на наносной почве.

□ В 1913 г. В. И. Вернадский писал: «Нельзя забывать, что самостоятельная творческая научная работа, как всякая духовная творческая работа, накладывает свой отпечаток на весь духовный облик человечества, одновременно неуловимыми путями могущественным образом отражается на окружающих. Нельзя забывать, что духовная сила общества создается только существованием в его среде творческой самостоятельной работы отдельных лиц во всех областях культурной жизни — науки, философии, искусства, общественной жизни».

Классификация почв по гранулометрическому составу

Название почв	Содержание частиц диаметром 0,01 мм, %	Удельная поверх- ность, г/м ³
Песок рыхлый	0—5	20
Песок связный	5—10	20—25
Супесь	10—20	25—45
Легкий суглинок	20—30	35—70
Средний суглинок	30—40	55—90
Тяжелый суглинок	40—50	70—115
Легкая глина	50—65	90—120
Средняя глина	65—80	100—130
Тяжелая глина	80	120—150
		и больше

емкость обмена, уровень возможного гумусонакопления. В результате такой зависимости свойств почв от их гранулометрического состава на легких по гранулометрическому составу почвах развиваются совсем другие биогеоценозы по сравнению с тяжелыми почвами. Так, на песках часто формируются в лесной зоне сосняки, на суглинках — ельники. Например, в степной зоне пески более подвержены ветровой эрозии, особенно после пастбищной регрессии, когда в результате пастбы скота нарушается дернина и гумусовый горизонт почв.

Существуют и другие классификации гранулометрического состава. Во многих странах разделение фракций по гранулометрическому составу проводят на ос-

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

□ Очень часто люди судят о связи явлений по одинаковому характеру их изменений, что, однако, опасно для истины. Это хорошо показал на семинаре у Д. Н. Прянишникова известный почвовед и агроном А. Г. Дояренко. Прянишников показал на доске, как изменялась урожайность сельскохозяйственных культур за XIX и XX вв. и начертил рядом кривую роста производства удобрений. Общий характер обеих кривых хорошо совпал. Тогда Дояренко начертил рядом еще одну кривую, которая очень хорошо совпала с первыми двумя, — кривую роста производства мыла. Отсюда можно сделать вывод, что мыло повышает урожай — таков был шуточный вывод Дояренко. Все присутствующие, в том числе и Прянишников, высоко оценили шутку Дояренко.

повании цифр 6 и 2 (1—0,6; 0,6—0,2; 0,2—0,006 мм и т. д.). Такое разделение не имеет принципиального значения. По ряду данных граница по размеру частиц, обладающих свойствами илистой фракции, проходит не по 0,001 и не по 0,002 мм, а в районе 0,005 мм (по классификации, принятой в СССР). В то же время многие исследователи отмечают, что более корректно (исходя из свойств) проводить границу между супесью и легким суглинком по содержанию фракции (0,01 мм) где-то около 18%.

Для целей мелиорации и в значительной степени для экологических целей указанные уточнения, как и многие другие (для солонцов, черноземов и т. д.), не имеют существенного значения.

Структурное состояние почв. В литературе встречаются понятия «структурные» и «бесструктурные» почвы. Эти термины вошли в почвоведение из агрономии, где под структурными понимали почвы, гумусный слой которых состоял из агрономически ценных агрегатов размером 1—3 мм. Глыбистые почвы агрономы относят к бесструктурным.

Ясно, что всякая почва имеет свою структуру. Под ней следует понимать взаиморасположение почвенных частиц. Почва может быть агрегированной и неагрегированной. Эти названия более соответствуют понятиям «структурная» и «бесструктурная» почва. Правда, глыбу тоже можно считать агрегатом (крупного размера). Но у глыбистых почв материал в глыбах обычно не образует более мелких агрегатов.

В широком смысле структура почв — это организа-

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

□ В 1940 г. Д. Н. Прянишников сказал, что русский народ — талантливый народ и богат талантами, но такие, как Н. И. Вавилов, рождаются раз в 200 лет, если не реже.

□ Н. И. Вавилов был тот редкий директор института, который знал, что волнует всех его сотрудников, что для них интересно. Свое кредо он изложил так: «Я никогда не стремился к административным достижениям и считаю себя больше на месте в лаборатории, на поле и в кабинете в качестве научного руководителя».

□ Основоположник земледельческой механики В. П. Горячкин был профессором ТСХА. Он создал учение о сельскохозяйственных машинах и орудиях, где в четких математических формулах раскрыл

ция ее порового пространства. Она определяется общей порозностью почвы и соотношением пор разного диаметра. Безусловно, поры в почвах имеют неправильную форму, часто образуют так называемые жаменовы цепочки: в капиллярах чередуются узкие и широкие камеры. Цилиндрических пор в почве практически нет. Но условно при оценке пор разного размера принимают, что они равноценны (по поведению в них воды) цилиндрическим капиллярам с определенным диаметром.

Кроме указанных категорий порозности, выделяют агрегатную и межагрегатную порозности. Агрегатную определяют при анализе пор отдельных агрегатов (или фракций агрегатов). Для этого определяют объемы и массу агрегата и по специальной формуле рассчитывают порозность агрегата. По разности между общей и агрегатной порозностями вычисляют межагрегатную. Сочетание пор разного диаметра характеризует водопроницаемость почв. Но в свою очередь, как это было видно из самого метода определения, она функционально связана с плотностью почвы и ее твердой фазой.

Важным свойством почвенных агрегатов, которое особенно следует учитывать при орошении, считается их водопрочность или, точнее, водоустойчивость. От этого свойства зависит устойчивость оросительных каналов, борозд, изменение водопроницаемости во времени и т. д. Существует много методов определения водоустойчивости почвенных агрегатов.

Плотность почвы — это масса абсолютно сухой почвы в единице объема. В случае проектирования и оценки землекопных работ используют плотность почв при

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

суть движения по поверхности почвы не только машин, но лошади и даже человека. Известный математик С. А. Чаплыгин выдвинул В. П. Горячкина в академики. На это предложение Василий Прохорович ответил письмом (1932 г.), в котором написал, что он свой труд не может признать достаточным для академии и что он категорически отказывается от выдвижения его в академию. Пришлось Г. М. Кржжановскому рекомендовать В. П. Горячкина не в действительные, а почетные академики, для избрания которого не требовалось согласия избираемого.

□ П. А. Костычев, который первым доказал возможность потери почвой питательных веществ и органического вещества при выщелачивании ее, пропуская через нее большого количества воды, в

естественной влажности. В этом случае плотность измеряется массой почвы и воды в единице объема. Установлено, что плотность почвы зависит от гранулометрического состава (табл. 2).

Таблица 2

Основные физические свойства почв
в зависимости от гранулометрического состава

Гранулометриче- ский состав	Плотность поч- вы, г/см ³	Порозность, %	Предельная полевая влагоемкость (ППВ), %	Высота капилляр- ного подъема, см	Коэффициент филтрации, м/сутки	Водоотдача метрового слоя, %
Торф верховой	0,08— —0,13	90—95	65—70	60— 70	0,0 — 0,9	2—10
Торф низин- ный	0,20— —0,30	80—90	55—60	60— 90	0,01 —10	8—14
Песок мелко- зерни- стый	1,6—1,7	35—40	12—18	10— 20	0,1 —10	10—20
Супесь	1,4—1,6	40—45	15—20	40— 60	0,1 —10	6—15
Сугли- нок	1,4—1,5	45—50	25—30	100—150	0,001— 0,9	1— 6
Глина	1,5—1,8	35—45	30—35	200—300	0,001—0,09	0,07—0,05

В реальных почвах картина зависимости плотности почв от гранулометрического состава сложнее.

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

последний год своей жизни был начальником департамента земледелия (пост, равный по положению министру). Когда В. Р. Вильямс по делам Петровской академии приезжал из Москвы в Петербург и с утра прямо с поезда направлялся в департамент земледелия, то со швейцаром у него был такой разговор. На вопрос: «Кто есть в департаменте?» швейцар отвечал: «Костычев здесь, а господа-чиновники еще не пришли».

□ П. А. Костычеву мы обязаны созданием таких опытных агрономических станций, как Шатиловская, Вятская, Херсонская, Краснокутская, Энгельгардтовская, Безенчукская, Валуйская, Сиворицкая. Многие из них сыграли выдающуюся роль в развитии опытного дела и сельского хозяйства нашей страны.

Характер изменения плотности почв зависит от структурного состояния глинистой и тяжелосуглинистой почв. Если тяжелосуглинистые и глинистые почвы обладают хорошо выраженной зернистой структурой, то их плотность заметно ниже, чем у песков. В слитых почвах плотность наибольшая.

Известно, что плотность почв выше $1,4 \text{ г/см}^3$ препятствует проникновению корней в почву. Поэтому оценка плотности — важная характеристика почвы. Однако само определение этого параметра сопряжено с рядом тонкостей.

Так, установлено, что плотность суглинистых и глинистых почв — величина динамичная и зависит от их влажности. Увеличение влажности уменьшает плотность почв. Изменение плотности почвы связано с таким реологическим свойством ее, как набухание. В сухом состоянии усадка почвы приводит к тому, что они разбиваются трещинами на блоки. В блоках плотность почвы максимальная и может намного превышать $1,4$, а у слитых почв именно в сухих блоках величины $1,8$ и даже 2 г/см^3 .

Знание плотности позволяет оценить как проницаемость почв для корней растений, так и запасы питательных веществ и воды в почве. Но следует учитывать, что при использовании для этих целей сухих почв заметно преувеличивают эти запасы. Плотность почв влияет на такие свойства, как влажность, водопроницаемость, влагопроводность. Хотя эта связь и непрямая, ее следует учитывать при мелиорации почв и построении проекта мелиорации.

ЛЕКТОРУ НА ЗАМЕТКУ

□ М. Петенкофер, немецкий ученый, был автором «почвенной» теории эпидемических заболеваний. Он выявил определенную связь между почвами и частотой эпидемий, в частности холеры. При этом он не хотел признавать, что причиной многих болезней, в том числе и холеры, являются микроорганизмы. Однажды на заседании медиков, где демонстрировалась культура холеры, Петенкофер в знак того, что холера не связана с микроорганизмами, на глазах у всех выпил смертоносную дозу культуры вибрионов холеры. То ли культура была ослаблена, то ли организм ученого был достаточно устойчив, но Петенкофер действительно не заболел. Но даже этот героический опыт не опроверг новую науку — микробиологию. Просто погом была установлена связь микроорганизмов и почв.

Водопроницаемость почв характеризуется тем количеством воды, которое впитывает почва с поверхности за единицу времени. Процессы впитывания и фильтрации определяют поливные нормы, способ полива, технические особенности оросительной системы. Водопроницаемость почв — чрезвычайно варьирующая величина. Ее распределение подчиняется логнормальному закону, т. е. с вероятностью 0,999 отличается от нормального. Поэтому при проектировании орошения требуется учитывать участки почвы с максимальной величиной водопроницаемости. Эти крайние значения позволяют прогнозировать и возможный застой воды, и инфильтрацию воды за пределы поливаемого слоя. Особенно опасен отток в грунтовые воды и подъем последних в связи с этим. В результате может создаваться горизонт ирригационно-грунтовых вод с угрозой последующего засоления почвы.

Водные свойства почвы характеризуют особенности поведения воды в почве. На создание 1 т биологической массы расходуется от 50 до 1000 т и более воды из почвы. Часть этой воды расходуется очень неэкономно (без пользы для растений) на испарение (эвапорацию), которого нельзя избежать. В любом случае производство биологической продукции по затратам воды близко к таким производствам, как сталелитейная промышленность, обогащение руд, и т. д.

Оценку расхода воды обычно проводят или по изменению влажности, или по разнице в запасах почвенной влаги за наблюдаемый период (1 мм = 10 т воды на 1 га). Следует сразу напомнить, что для расчетов запасов воды на поле (на 1 га) нельзя пользоваться плотностью почв, определенной в сухой период, в сухой почве. Необходимо взять плотность почвы при небольшой влажности или среднюю плотность, определенную буром Бахтина—Польского.

Так как не вся влага в почве доступна растениям для количественной и качественной оценок водных свойств почв, разработана система гидрологических констант. Заметим, что название «константы» для этих величин в значительной мере условно. Реальная почва обладает определенной динамикой своих свойств. Эта динамика связана с обработкой, внесением удобрений, с цикличностью ряда изменений гумусного состояния и т. д. Поэтому почва постоянно изменяет ряд своих

свойств, в той или иной степени влияющих на содержание воды в почве, ее подвижность и доступность. Поэтому для реальной почвы константа представляет в действительности диапазон значений. На величину и варьирование константы, кроме того, оказывает влияние варьирование свойств почвы в пространстве.

Выделяют следующие показатели влажности почв. Влажность завядания (ВЗ) — остаточное количество воды в почве, которое растение не может использовать и при котором оно завядает. В ряде работ выделяют влажность начала и влажность устойчивого завядания. При первой влажности, если подвявшее растение полить, оно восстановит свой тургор. При второй влажности растение увядает необратимо. Определение ВЗ (обычно подразумевают устойчивое увядание) проводят или методом проростков в алюминиевых стаканчиках, или же рассчитывают по величине максимальной гигроскопической влажности (МГ).

В первом случае в небольшой объем почвы высаживают семена, их проращивают, дают возможность корням охватить весь объем почвы. После этого изолируют поверхность почвы, чтобы снять потерю воды другими путями, а не через растение. После завядания растений определяют влажность почвы, которую и принимают за ВЗ. Кроме того, ВЗ определяют, анализируя биологические особенности растений, выращиваемых на почве.

Расчетный метод по МГ используют в тех случаях, когда нет возможности определить ВЗ прямым способом. Величину МГ умножают на коэффициент 1,34 или, по некоторым рекомендациям, на 1,5. Полученное значение влажности принимается за ВЗ.

Предельная полевая влагоемкость, ППВ (синонимы — наименьшая влагоемкость, НВ, общая влагоемкость, ОВ, полевая влагоемкость, ПВ) — влажность почвы после стекания избытка воды. Ее определяют обычно так: почву увлажняют с поверхности. Количество воды дают заведомо больше, чем объем общей порозности почвы слоем 1—2 м. Влажность, при которой все поры полностью заполнены водой, называют полной влагоемкостью.

Обычно ППВ определяют совместно с водопроницаемостью почвы. После увлажнения почвы ее закрывают клеенкой, любой мульчей и через 3—5 суток определяют послойно влажность. Эту величину и принимают за

ППВ. Установлено, что в условиях исключения испарения и при боковой изоляции незначительное движение воды вниз наблюдается еще в течение 10—30 суток. Но эти изменения во влажности незначительны. Ими можно пренебречь.

Важной гидрологической константой считают МГ (максимальная гигроскопическая влага), которую определяют, выдерживая почву для постоянного веса в атмосфере 98% относительной влажности. (Обычно или над 10%-ным раствором H_2SO_4 , или над насыщенным раствором K_2SO_4 .)

Оценку влажности почв по константам широко применяют в гидрологии почв. Они позволяют оценить, сколько почва может вместить воды и сколько она сбросит со стоком или же с оттоком (в грунтовые воды). Действительно, в природе редко можно встретить абсолютно сухую почву. Даже в пустыне почва содержит какое-то количество воды, но эту воду растение взять из почвы не может, хотя микроорганизмы часто используют определенную часть не доступной растениям воды. Именно поэтому применяют в почвенной гидрологии такие константы, как влажность завядания и наименьшая влагоемкость.

Однако при использовании этих констант в земледелии встречается ряд трудностей, что связано с некоторой условностью самих констант, с трудностью оценки доступности воды во всем диапазоне доступной влаги (ДДВ), определяемом как ППВ-ВЗ. При этом оценка влажности почвы по константам несколько оторвана от оценки водного режима растений. Поэтому в почвенной гидрологии разработан более тонкий и точный метод оценки доступности влаги: термодинамический. Сущность его в том, что вода обладает определенным химическим потенциалом (активностью), определенной доступностью. Ее потенциал равен по величине и противоположен по знаку той работе, которую надо приложить, чтобы «оторвать единицу массы воды от почвы и растворенных в ней ионов».

Потенциал почвенной влаги $\Psi_{пв} = \Psi_m + \Psi_{осм} + \Psi_g$, где Ψ_m — матричный потенциал, $\Psi_{осм}$ — осмотический, Ψ_g — гравитационный. Матричный потенциал — это та же работа, которую надо приложить, чтобы вытеснить почвенный раствор из почвы. Осмотический потенциал — осмотическое давление почвенного раствора. Гравитаци-

онный потенциал возникает при затоплении почв (он имеет знак «плюс»). Потенциал почвенной влаги изменяется от 0 (0,1—0,3) атм (0—30 кПа) до 1000 и более атм (10^3 кПа) при изменении влажности от ППВ до гигроскопической влажности.

Зависимость влажности почвы и потенциала почвенной влаги получила название основной гидрофизической характеристики почв или кривой водоудерживания. Она заметно отличается для торфов, песков, глин. Отмечается четкое различие для всех этих почв влажности при одном и том же потенциале.

Одним из методов оценки — достаточно ли хорошо снабжается растение водой из почвы — может служить зависимость между потенциалом почвенной влаги и транспирацией. По данным И. И. Судницына, относительная транспирация (T/T_0) резко снижается при падении потенциала почвенной влаги до —5 (—7) атм. Влага завядания обычно равна —15 атм для зерновых и многих других растений и падает до —24 атм для деревьев. Следует отметить, что в слитых почвах при влажности, близкой к ППВ, потенциал почвенной влаги равен 1—3 атм и даже больше. Поэтому в слитых почвах растение может вымокать, в то же время испытывая определенные трудности в водоснабжении (Н. А. Взнуздаев, Н. В. Елисеева).

Следует заметить, что в засушливые годы легкие (песчаные) почвы часто дают более высокий урожай, чем суглинистые, хотя запасы воды в последних — выше. Этот факт объясняется тем, что в песках вода более доступна, чем в суглинках, ее потенциал в легких почвах часто выше. Это объясняется и особенностью физических свойств песка, тем, что в нем остается вода в виде манжет там, где соприкасаются зерна минералов. Такая вода не передвигается, а если корень до нее дойдет, то он ее использует. В суглинках же вода в засушливый период обычно капиллярно подтягивается к поверхности и там испаряется.

Обе системы оценок (количество воды и потенциал почвенной влаги) важны для экологической оценки водного режима почв, следовательно, и мелиорации. Действительно, мелиорация — это прежде всего регулирование водного режима, сброс излишней воды и внесение на поле дополнительной нормы воды. Поэтому следует остановиться на особенностях водного режима почв —

движении воды в почве, накоплении или потере.

Все существующие классификации водных режимов почв восходят к классификации Г. Н. Высоцкого. Его классификация была углублена и детализирована А. А. Роде. С некоторыми изменениями классификацию водных режимов Роде используют М. А. Глазовская, В. А. Ковда, К. Кирица и другие.

В настоящее время выделяют шесть типов водного режима почв. 1. Мерзлотный. Распространен на территориях с многолетней мерзлотой. Постепенно оттаивает в летние месяцы с образованием водоносного горизонта над мерзлотой. 2. Промывной. Почва ежегодно промачивается до грунтовых вод. 3. Периодически промывной. Почва до грунтовых вод промачивается 1 раз в несколько лет. 4. Непромывной. Почва промачивается на некоторую глубину (1—2 м, не более 4 м). 5. Выпотной. К поверхности почвы подходит (хотя бы периодически) капиллярная кайма грунтовых вод. 6. Десуктивно-выпотной. Аналог предыдущего, но растения перехватывают влагу капиллярной каймы на некотором расстоянии от поверхности. С. А. Владыченский выделил тип водного режима почв, прилегающих к искусственным водохранилищам. Кроме того, выделяют ирригационный тип водного режима.

Данная классификация, скорее, имеет генетический смысл, отражая средний многолетний характер водного режима. Экологическое ее значение меньше, так как она не отражает собственно режим как смену состояний увлажнения почв. С экологической точки зрения следует рассматривать желательные типы водного режима, выделенные Высоцким, как элементарные типы, чередование (последовательность) которых определяет реальный водный режим почв. К ним относятся: 1. Застойный. 2. Промывной. 3. Выпотной. 4. Десуктивный. 5. Эвапорационный. Эти элементарные типы чередуются в течение года и в период вегетации, создавая различные по сочетанию комбинации.

Застойный тип водного режима характерен для почв, в которых в отдельных горизонтах, обычно с поверхности, влажность превышает ППВ. Следует учитывать продолжительность застойного периода, время сезона, когда он проявляется, вероятность его возникновения (появление). Застойный водный режим в холодное время может не оказать существенного влияния на

растения, а в летнее время вызвать их гибель. Застойный режим определяется плохой водопроницаемостью почв и застоем избытка воды над водопроницаемым слоем. Такими слоями могут быть и мерзлотный слой, и глинистая прослойка, и грунтовые воды.

Промывной водный режим определяется наличием в почве гравитационного тока воды. Обычно он наблюдается при влажности почвы, близкой к ППВ. Промывной тип водного режима следующим образом отражается на свойствах почвы. Из определенной толщи почвы в результате промывного режима выносятся те или иные растворимые вещества (соли). Формируется слой почвы, отмытый от солей. Слой вымывания может формироваться в почве, если ежегодно промачивание не достигает грунтовых вод или же отсутствует. Для таких почв, как черноземы, каштановые почвы, индикатором мощности промывного слоя служат карбонаты и гипс. Карбонаты характеризуют среднюю многолетнюю глубину промачивания, гипс — многолетние максимумы проникновения воды в почву (во влажные годы).

Промывной режим, следовательно, имеет определенную глубину воздействия. Во многих почвах часть горизонтов может формироваться под воздействием промывного режима. В зависимости от мощности промачиваемого слоя можно выделить поверхностно-промывной (0—10 см), мелкопромывной (до 50 см), среднепромывной (до 100 см), глубокопромывной (глубже 150 см). Следует также отмечать сроки возникновения промывного режима, его продолжительность, вероятность появления в течение года и по годам.

Выпотной режим — следствие подтока воды из более глубоких слоев почвы к поверхности. Его формирует капиллярный подток. Иногда этот подток может быть результатом подпора (как на территории, окружающей искусственное водохранилище). Иногда выпотной режим формируется под влиянием выклинивания вод бокового внутрипочвенного стока (притеррасные участки пойм и низких террас, нижние части склонов). Во всех случаях выпотной режим характеризуется привносом воды и растворенных в ней веществ в определенный высокий слой почвы. Обычно выпотной режим оценивают как подток воды к поверхности почвы. Но он может наблюдаться и в других, более глубоких слоях, при

этом подток воды не будет достигать поверхности почв. Очевидно, наряду с продолжительностью, вероятностью, временем проявления выпотного режима следует учитывать и слой почвы, в который вклинивается вода из более глубоких слоев. Выпотной режим в аридных (сухих) и семиаридных (засушливых) зонах приводит к засолению почв.

Десуктивный водный режим определяется потреблением воды растениями. Почва под воздействием корней иссушается. Предельное иссушение в этом случае достигает ВЗ, свойственное определенным растениям на данной почве. У культурных злаков (пшеница, овес, ячмень и т. д.) влажность завядания характеризуется потенциалом —15 атм. Для древесных растений этот потенциал ниже — (—24 атм). У некоторых растений он может быть и выше (—10 атм у салата и т. д.). Обычно влажность почв в диапазоне ППВ — ВЗ определяется десукцией воды растениями. И если влажность не падает ниже ВЗ, можно считать, что в почве преобладает (в этом слое) расход воды на транспирацию растениями, т. е. десуктивный тип водного режима. Десуктивный тип водного режима сочетается со всеми другими типами. Он обязательно входит как постоянный элемент в водный режим любой реальной почвы.

Эвапорационный водный режим характерен для сухих и засушливых регионов. Физическое иссушение, физическое испарение в почвах этих регионов наблюдаются постоянно. Они диагностируются влажностью почвы. При этом типе водного режима влажность падает заметно ниже ВЗ. Она может достигать значений МГ, как это неоднократно наблюдается в сероземах, на светлокаштановых почвах и у ряда других. Этот тип водного режима сочетается с десуктивным. Верхние слои почвы могут в короткий весенний период или после ливневых осадков промываться, т. е. в почвах возможен поверхностный или даже мелкий промывной режим.

Изложенный подход основывается на двух принципах.

Во-первых, водный режим определяется гидрологическим профилем почв, профилем увлажнения. Это понятие ввел Роде. Оно фиксирует, что разные генетические горизонты в определенные периоды сезона объединяются в один гидрологический горизонт, в котором во-

да ведет себя одинаково. Особенно это четко видно по величине потенциала почвенной влаги. Так в дерново-подзолистой почве в августе влажность слоя А1 составляет 15%, слоя А2 — 10%, АГВ — 20%, т. е. заметно отличается по величине. Но потенциал почвенной влаги во всех трех горизонтах был одинаковый — 5 атм, и эти три горизонта составляли один гидрологический десуктивный горизонт. Зато в другие периоды один генетический горизонт может разделиться на два гидрологических горизонта.

Второй принцип, на котором основана экологическая классификация водного режима почв, — сочетание разных типов водного режима в течение года и сезона. В той же дерново-подзолистой почве, например, ранней весной может установиться застойный режим, потом он сменится промывным, летом — десуктивным, осенью — снова промывным. В отдельные годы может в этих почвах наблюдаться и эвапорационный тип водного режима, а иногда — промывной тип водного режима и в летнее время. В аридных условиях промывной тип устанавливается на очень короткий период и затрагивает небольшой слой. В остальное время господствует сначала десуктивный, а потом эвапорационный тип водного режима.

Может быть, следует выделить еще один тип водного режима — конденсационный, связанный с перемещением в почве водяных паров и конденсацией их в более холодных слоях. Такой процесс отмечается в пустынях, в мерзлых почвах. Но при этом нет существенных изменений в гидрологическом профиле почв, отличающих его от других типов. Поэтому в классификацию типов водного режима не вводят на этом уровне причины такого режима. Их просто указывают в описании почв и их режимов. В литературе выделяют, кроме того, ирригационный режим с двумя подтипами: десуктивно-выпотной и ирригационно-промывной. Принципиально эти подтипы не отличаются от выпотного и промывного типов водного режима почв.

Поливное земледелие широко распространено на нашей планете не только в засушливых районах. Поливают овощные культуры и в нашей зоне (под Москвой, Ленинградом), где, казалось бы, воды, дождей, хватает. Поливают растения даже во влажных субтропиках. Действительно сельскохозяйственные растения быстро по-

требляют воду из слоя 0—30 см, и пока они смогут взять воду из более глубоких слоев, им придется затратить столько энергии, что это обязательно скажется на урожае. Поэтому земледelec не ждет, когда вся вода из слоя 0—30 см будет израсходована, а поливом восполняет ее потерю. Но сейчас, когда чистой воды даже во влажных районах становится все меньше, требуется рациональное использование воды и при таких «домашних» поливах. Только мелиорация может поставить это дело на научную основу.

Водный режим почв связан с солевым их режимом. Известно, что содержание в почвах солей связано в первую очередь с климатическими условиями и соленостью почвообразующих и подстилающих пород. В гумидной зоне почвы отмыты от растворимых солей. Наиболее часто из солей там встречаются карбонаты Са. В аридных регионах к карбонатам присоединяются также другие соли, встречаются даже нитратные солончаки, широко распространено содовое засоление.

Само происхождение солей в почве может быть разным. Они могут унаследоваться от породы, подтягиваться с грунтовыми водами и накапливаться в результате потребления растениями воды (десукция) и испарения (эвапорация). Соли могут приноситься с поверхностным оттоком, при затоплении морем, при поливе минерализованной водой. Водный режим — ключ к солевому режиму почв. Он определяет движение и накопление солей в почве. Влажность почв оказывает решающее влияние на движение солей в почве. При поливе соли растворяются в поливной воде и вместе с нею движутся в почве. В условиях влажности выше или близко к ППВ устанавливается гравитационный ток воды, с которым переносятся растворимые соли. Но большей частью почвы бывают не насыщены водой или же слои почвы могут существенно различаться по влажности. В этом случае движение солей в почве подчиняется более сложным закономерностям. При влажности почвы ниже МГ движение солей в почве происходит очень медленно и определяется диффузией солей.

Если влажность хотя бы одного слоя почвы выше ВЗ и близка к $\frac{1}{3}$ (ППВ-ВЗ), то скорость движения солей в почве резко возрастает. В случае соприкосновения двух влажных слоев скорость движения солей возра-

стает. При отсутствии гравитационного тока соли движутся в зависимости от градиента концентрации, причем они могут двигаться даже в направлении, противоположном движению воды (в случае не насыщенных водой почв).

Водный режим и экология. Из этих положений следуют важные экологические выводы. При поливе почвы увлажняются ее верхние слои. При правильно рассчитанном поливе увлажненный слой должен иметь ограниченную мощность («необходимую и достаточную»). Это особенно важно, если в почве на какой-то глубине залегает засоленный слой. Но, как уже указывалось, водопроницаемость почвы очень широко варьирует, и в пределах поля всегда будут участки с высокой водопроницаемостью, где вода будет проникать глубже и может достичь засоленного слоя. В этом случае возможно ускорение диффузии солей в верхние горизонты почвы. Поэтому наличие в почве засоленных слоев требует специальной гидротехнической профилактики; дренажа для сброса засоленной воды из нижней части профиля.

Движение солей против градиента влажности в диапазоне влажности почвы ниже ППВ объясняет широко распространенное явление вторичного засоления почв.



Весь мир творим мы заново.

Л. МАРТЫНОВ

Мелиорация почв и их охрана

Мелиорация почв в первую очередь связана с изменением водного режима. На почвах с избыточным увлажнением создают благоприятный водный режим с помощью осушения (дренирования) почвы (территории). Осушительные мелиорации почв зависят от характера и продолжительности избыточного увлажнения почв. Ф. Р. Зайдельман предложил (табл. 3) выделять 10 градаций индекса степени заболачивания (ИСЗ).

Индекс степени заболачиваемости минеральных почв гумидных ландшафтов (по Ф. Р. Зайдельману)

ИСЗ	Целесообразность осушения	Почвы на отложениях
0	Нецелесообразно	Неоглеенные на песках, супеси, двучленных, покровных суглинках, глубокооглеенных на песках и супесях
1	Только для садов	Глубокооглеенные на песках и супесях
2	То же плюс озимые	Неоглеенные на тяжелых ленточных глинах
3	То же плюс картофель	Глееватая на супесях и песках
4	То же плюс пастбища	То же
5	То же плюс лен	То же
6	То же плюс овощные	Глубокооглеенные на двучленных и тяжелых глинах
7	То же плюс культурные сенокосы	Глееватые на покровных суглинках, глеевые
8	При любом использовании, кроме улучшения сенокосов	На песках, глееватые на двучленных глинах
9	То же, кроме естественных сенокосов	Глеевая на суглинках, глинах, двучленная

Предложенная экологическая классификация должна быть другой в тропических и субтропических регионах, но сам подход сохранится. Ясно, что при оценке необходимости осушения следует учитывать экологический водный режим: когда и как долго в почве устанавливается застойный тип водного режима, с какой вероятностью. При проектировании осушения важно знать источник увлажнения (табл. 4).

При атмосферном увлажнении применяют открытые каналы (собиратели), искусственные ложбины, закрытые собиратели, планировку поверхности. К последним относят выборочное бороздование, грядование и гребневание поверхности (узкозагонная вспашка и т. д.). Повышению водопроницаемости (инфильтрации) способствует кротовый и щелевой дренажи, глубокое рыхление, вспашка, рыхление подпахотного слоя, глубокое мульчирование, известкование, обработка химмелиорантами, пескование торфов, уменьшение глубины промерзания, ускорение оттаивания почвы. При грунтовой питании, чтобы понизить уровень грунтовых вод, используют ка-

Методы осушения почв

Тип водного питания	Метод осушения	
	Основной	Дополнительный
Атмосферный	Ускорение поверхностного стока	Повышение водопроницаемости и влагоемкости почв
Грунтовый	Понижение уровня грунтовых вод	Перехват потока грунтовых вод
Грунтово-напорный	Понижение уровней напора и уровня грунтовых вод	Понижение уровней напора за пределами объекта
Склоновый	Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока	Уменьшение притока поверхностных вод со стороны
Намывной	Ускорение руслового паводкового стока, защита от затопления (обвалование)	Разгрузка реки (озера) системой мероприятий по регулированию и перераспределению стока

налы, закрытый дренаж, вертикальные щелевые углубления естественных дренажей, кольматаж (заиливание) поверхности, ловчие каналы и дрена, береговой дренаж, антифильтрационные завесы, биологический дренаж.

При грунтово-напорном увлажнении используют глубокий горизонтальный открытый и закрытый дренажи, вертикальный дренаж, разгрузочные скважины, устройство водозаборов подземных вод, ограничения питания водоносных горизонтов. При склоновом питании используют комплекс противоэрозионных мероприятий, напорные каналы и ложбины, перехватывающие дренажи и защитные дамбы, и т. п. При намывном увлажнении регулируют реки-водоприемники, применяют обвалование рек, озер, напорно-ловчие каналы, устройства водохранилищ на реке и ее притоках, переброску части стока в бассейны другой реки (озера) со сбросом воды ниже объекта.

Применяющиеся осушительные системы включают следующие технические элементы. Регулирующая сеть состоит из осушителей, собирателей влаги, скважин вертикального дренажа и служит для сбора и удаления с территории избыточных и грунтовых вод. Ограждающая сеть состоит из нагорных и ловчих каналов, дамб

и предназначена для защиты осушенной территории от поверхностных и грунтовых вод, притекающих со стороны. Она выполняет функции регулирующей сети при склонах и частично при грунтовых и намывных типах питания. Проводящая сеть состоит из магистральных каналов, коллекторов и связывает регулирующую и ограждающую сети с водоприемником, транспортирует воду за пределы осушаемой территории.

Гидротехнические сооружения (перепады, смотровые колодцы, шлюзы и др.) предназначены для управления потоком воды при ее отводе и перераспределении. Осушительная система включает дорожную сеть и природоохранные сооружения и устройства. Сюда входят мосты — переходы для диких животных, лесополосы, пляжи. Эксплуатационная сеть — здания, гидрометрические мосты.

Осушительные системы бывают открытые и закрытые. Последние представлены дренами, трубчатыми водоводами. Крупные проводящие и ограждающие каналы в обоих случаях открытые. Недостатки открытых систем — затруднение для механизации сельскохозяйственных работ. Они требуют постоянного ухода за каналами, ремонта откосов, чистки русел и пр.

Выделяют системы одностороннего действия (сеть работает только для осушения) и двустороннего (осушительно-увлажнительная система). Для открытых осушителей, обычно параллельных друг другу, минимальные уклоны 0,005, длина 800—1500 м. Их выводят в проводящие каналы под углом 60—90°. Сечение осушителей с минимальной шириной по дну — 0,4 м. Глубина в зависимости от почвы до 1,5 м. Расстояние между дренами не более 120 м. Для закрытого дренажа применяют гончарные трубы, пластмассовые трубы. Кроме того, используют деревянный дренаж, срок жизни которого до 30 лет.

Кротовые дренажи — система подземных некрепленых ходов, проложенных с заданным уклоном (не менее 0,002—0,003). Срок службы кротового дренажа до 5 лет. Щелевой дренаж — вертикальные щели в почве различного размера.

Расстояние между дренами зависит от типа почвы, ее гранулометрического состава, характера увлажнения (табл. 5).

Примерное расстояние между дренами

Гранулометрический состав	Расстояние, м
Песок мелкозернистый	30—50 и более
Супесь	25—35
Торф низинный	20—40
Суглинок легкий	20—30
Суглинок средний	14—20
Суглинок тяжелый, глина	8—15

Следует отметить, что осушительная мелиорация — один из самых древних видов деятельности человека. Вся древняя система земледелия (Шумера и Ура) была построена на осушенных плавневых и пойменных почвах рек Тигра и Евфрата, болотах речных долин. Осушение сочеталось с поливом, т. е., по существу, в древнем Шумере была развита система двустороннего регулирования водного режима почв, сочетание дренажа и орошения.

Оросительные мелиорации сейчас наиболее широко применяют в земледелии. Орошение проводят не только в аридных и семиаридных, но даже в гумидных регионах. Последнее объясняется тем, что во всех регионах наступает период, когда в почвах устанавливается десуктивный и эвапорационный водные режимы. В этот период наступает иссушение почвенной толщи на разную глубину в зависимости от погодных условий и вида растительного покрова. В почве формируется гидрологический горизонт иссушения. Водные запасы именно этого горизонта, совпадающего с корнеобитаемым слоем, нуждаются в восстановлении. Оценку нуждаемости растений в воде обычно проводят по данным почвенной влажности.

Известно, что даже небольшое снижение почвенной влажности в пределах нескольких процентов вызывает снижение урожая. Роль небольших изменений в содержании воды в почве еще очевидней при оценке потенциала почвенной влаги. Поддержание потенциала на уровне 0,1—0,3 атм способствует получению более высоких урожаев, чем при 0,5—0,6 атм. Таким образом, незначительное снижение потенциала почвенной влаги

вызывает уже необходимость полива. Именно с этой стихийно понятой необходимостью и была связана мелиорация в течение последних 10 тыс. лет развития человеческого общества.

Основа орошения — гидротехнические приемы подачи воды на поле и перевод поливных вод в почвенную толщу.

Режим орошения характеризуется числом, сроком и нормами поливов. Он определяется водным режимом почв, водными их свойствами, биологией поливаемых культур, погодно-климатическими условиями. Количество воды, которое необходимо растению за вегетационный период, принимают за оросительную норму. Она определяется на основании уравнения водного баланса: $E = aP + dB + M + \Gamma$, где E — суммарное испарение из почвы, aP — используемые растением осадки, dB — используемые растением запасы воды из почвы, M — оросительная норма, Γ — используемая вода грунтовых вод.

Оросительная норма состоит из поливных норм, определяемых количеством необходимых сроков, предположительной влажностью почв и ППВ. Практически мощность промачиваемого слоя определяется культурой: 1 м для зерновых, 0,7—0,8 м для овощных, картофеля, свеклы. Кроме того, существуют влагозарядковые поливы (для создания запасов влаги), весенний, предпосевной, промывные поливы для удаления из слоя почвы растворимых солей.

В настоящее время разработан режим орошения для большинства сельскохозяйственных культур во всех природных зонах. Экологическая роль орошения во многом зависит от техники полива. Создание гидротехнических сооружений коренным образом изменяет ландшафт, ограничивает передвижение животных, меняет водный режим. Применяют несколько методов орошения. Поверхностное орошение — подача воды к растению по поверхности почвы включает разные виды полива.

Полив напуском проводят в направлении наибольших уклонов по полосам, ограниченными земляными валами, высотой 20—30 м. Ширина полос 1,3—40 м, длина определяется водопроницаемостью почв и составляет 150—200 м. Для этого способа полива наиболее благоприятен уклон 0,002—0,003. Обычно расход воды при поливе составляет 50—200 л. с. Полив создает неравно-

мерное увлажнение, что связано с варьированием водопроницаемости и с движением воды по полосе.

Полив затоплением применяется в основном для риса, сахарного тростника. Ведется по чекам, ограниченными валиками высотой 25—30 см и площадью 0,3—50 га (в зависимости от рельефа). Требует хорошей планировки почвы, пологих уклонов (0,002) и низкой водопроницаемости почв. Используют большие нормы полива (150—200 мм). Почвы могут заболачиваться.

Полив по бороздам — также вид поверхностного полива. В зависимости от уклона и водопроницаемости почв, вида растений, ширины междурядий (45—150 см) борозды могут быть сквозные и тупиковые, короткие (60—80 м) и длинные (400—500 м). Расход воды 0,1—3 л/с. Полив применяют на почвах с уклоном поверхности 0,001—0,03. Возможен размыв почв (ирригационная эрозия). Полив по бороздам экономичней, но и здесь увлажнение почвы неравномерно. В борозды нельзя подать небольшое количество воды, так как в этом случае она не дойдет до конца борозды. Поэтому полив по бороздам трудоемок и требует большого количества воды, как, впрочем, и все другие виды поверхностного полива. Очевидно, не следует касаться более детальной технической стороны поливов, поскольку этот вопрос очень конкретен и связан непосредственно с технологией полива.

Другие методы полива более механизированы. Среди них широко распространен метод дождевания. Интенсивность искусственного дождя определяется скоростью впитывания воды в почву. Существует простое дождевание, при котором вода просто разбрызгивается над полем. В последнее время стали использовать импульсное дождевание: растение поливают очень часто и очень малыми нормами в определенные часы суток. Необходимый объем воды накапливается в гидропневмоаккумуляторе и выбрасывается в виде дождя под действием сжатого воздуха. Аэрозольное или мелкодисперсное дождевание проводится мелкораспыленной водой с диаметром единичной капли 300—500 мк периодически примерно 1 раз в 1,5—2,0 ч. Расход воды 100—140 л/га за разовый полив, применяют только в жаркое время дня при температуре воздуха выше 25°С. Мелкодисперсное дождевание снижает температуру на 6—12°С. Для полива используют стационарные дождевальные систе-

мы, полустационарные, передвижные. Кроме того, дождевальны́е машины, дождеватели и т. п.

Подпочвенное орошение проводят ограниченно, воду подают в корнеобитаемый слой почвы по внутрипочвенным увлажнителям. Внутрипочвенные системы делятся на вакуумные, или адсорбционные (вода поступает к растениям благодаря потенциалу почвы), безнапорные (капиллярный подъем воды от увлажнителя) и напорные. В последнее время исследуют возможность подпочвенного орошения сточными водами.

Капельное орошение — вариант подпочвенного. Почва увлажняется в зоне максимального развития корневой системы, что обеспечивает хорошую аэрацию, экономный расход воды. Воду можно подавать как непосредственно в почву, так и на поверхность вблизи растения. Рабочее давление в сети 100—300 кПа, подается вода со скоростью 0,5—5,0 л/с. Прибавка урожая при капельном орошении большая (20—50%).

Мелиорация и ландшафт. Обзор приемов мелиорации как осушительных, так и оросительных свидетельствует о коренном преобразовании ландшафта в этом случае. Меняются связи между компонентами ландшафта, меняются сами компоненты, создается фактически новый ландшафт и даже часто новые почвы.

Так, почвы старых земледельческих областей давно уже существенно отличаются от исходных естественных почв. Например, по наблюдениям И. П. Герасимова, почвы Кубы фактически потеряли свои естественные верхние горизонты, а нижние горизонты, измененные обработкой и выращиванием сельскохозяйственных культур, превратились в своей верхней части в новые горизонты. Аналогично изменены почвы Европы, поливные почвы Азии и т. д.

Поэтому любое вовлечение почвы в сельское хозяйство (а тем более их мелиорация) приводит к формированию нового земледельческого ландшафта. Экологические последствия этого вполне понятны, их следует учитывать и разрабатывать новую экологическую стратегию. Обязательно исчезнут естественные биогеоценозы (БГЦ), «эмигрируют» чувствительные к экологическим стрессам виды животных и растений. Оставшиеся виды организуются в новые экологические системы, частично искусственного происхождения. При правильном и бережном ведении хозяйства ценность почв растет, как

растет производительность, продуктивность ландшафта. При неправильном ведении хозяйства возможны процессы эрозии, сгорание органического вещества, особенно при иссушении торфяников, и пр.

В то же время удобрение, обработка, уход за почвой могут создать такие плодородные почвы, что они станут национальной ценностью. К таким почвам можно отнести староорошаемые сероземы оазисов Средней Азии, почвы огородов среднерусской полосы и многие другие почвы.

Засоление почв. Одно из широко распространенных явлений, связанных с орошением, — вторичное засоление. Обычно оно считается следствием неправильной организации поливов, потерь воды на отток в грунтовые воды, что приводит к их минерализации, подъему и т. п. В то же время в староорошаемых почвах Египта, Китая, Средней Азии засоления не было даже при тысячелетнем использовании этих почв в условиях орошения.

Дело совсем не в том, что агротехника стала другой. Просто раньше в первую очередь осваивали отмытые от солей луговые почвы вблизи источников пресной воды. Сейчас полив вышел на водораздел. Здесь в почвах часто залегают соленосные горизонты. Кроме того, увеличилась площадь полива, а следовательно, неравномерность впитывания в почву. Если поливная вода сожмется в нескольких местах с засоленным слоем, то диффузия солей вверх усилится и может привести к формированию пятен засоления почв.

Основной метод предупреждения засоления — дренаж, сброс минерализованной воды. Однако следует сразу оговориться, что обычно в тех условиях, где требуется полив, воды не хватает. И сейчас встает вопрос об использовании для полива минерализованной воды. Это очень важная мелиоративная проблема, даже больше — народнохозяйственная, а в некоторых регионах просто насущная.

Использование этой воды сопряжено с обязательным учетом химического состава вод, pH, отношением Na/Ca и т. д. Экологические проблемы в этом случае возрастают, так как определенное участие в круговороте воды и солей может привести к сбоям. В этих условиях устраивают периодические промывки почв. Обычно засоленные почвы тяжелого гранулометрического состава

плохо поддаются промывке. Для ускорения этого процесса применяют обработку почвы серной кислотой, электромелиорацию. Последняя заключается в том, что на почву накладывают электрическое поле (электрод сверху и на какой-то глубине). В этом случае подток солей ускоряется к электродам. Но ясно, что электромелиорация — это новая экологическая проблема, которую придется учитывать в будущем.

Мелиорация и экология. Мелиорация меняет экологию растений, животных, биогеоценоз в целом, почву. Эти изменения требуют уже другой стратегии в сохранении биосферы. Или должно быть налажено искусственное содержание животных и растений, или необходимо создать новые типы биогеоценозов с новыми и старыми (для данного региона) видами животных и растений, но быть готовыми к тому, что вновь созданный биогеоценоз может выйти из повиновения. Организация и сохранение заповедников — одно из экологических решений, но оно тоже требует постоянного участия человека в регулировании экологических связей с заповедником.

Итак, экология сельскохозяйственных земель, в том числе мелиорированных, — это совершенно новая экология, отличающаяся от той, которую рассматривали раньше. Она требует учета деятельности человека как постоянного компонента и фактора экосистемы и биосферы. Очевидно, создание новых ландшафтов требует совершенно новых, нетрадиционных решений, основанных на точно установленных биогеоэкологических связях в естественных экосистемах.

В любом случае главный хранитель «памяти» биогеоценоза и ландшафта — почва. Если почвенный покров не нарушен, если почва сохраняет свое плодородие, то и естественные, и искусственные ландшафты и биогеоценоз будут функционировать в полную силу.

В наше время, когда принято отмечать все неудачи и промахи мелиорации, иногда кажущиеся, следует напомнить, что именно она создала оазисы Средней Азии, Ближнего Востока, Северной Африки. Вся Италия — этот плодотворный сейчас край — итог многолетней, вернее, тысячелетней мелиорации, начатой еще этрусками, продолженной римлянами и в последние века — итальянскими земледельцами. Голландцы отвоевали большую часть своих пахотных земель непосредственно у моря, рассолили их и сделали плодородными почвами.

Во время войны часть этих земель была снова затоплена морем (голландцы открыли плотины, и море хлынуло на эти земли). Но за время, прошедшее после войны, с помощью мелиорации этим почвам снова было возвращено их высокое плодородие.

Принято ругать мелиорацию Голодной степи. Действительно, количество засоленных почв там увеличивается и сейчас. Но критики забывают, что за 50 лет освоения Голодной степи там с некогда пустынной и бесплодной почвы были получены миллионы тонн хлопка. И каким бы перипетиям ни подвергались эти почвы, они все равно будут более плодородными, чем до мелиорации.

Больших успехов в мелиорации засоленных земель добились армянские почвоведы. Г. П. Петросян широко применил метод кислотной обработки почв содового засоления и других солончаков. В результате осуществления этого смелого проекта были введены в строй тысячи гектаров некогда бесплодной почвы.

Итак, современная технология сельского хозяйства опирается на мелиорацию. Без нее невозможно сегодня вести сельское хозяйство и получать необходимые урожаи на большинстве используемых почв. Достаточно напомнить, что рис — основная продовольственная культура Азии — немыслима без орошения, без обводнительной мелиорации.

Нередко по радио, в периодической печати сообщается о негативных последствиях мелиорации, о ее убыточности. Нет, не мелиорация приносит убыток, а неправильное использование этого важного приема повышения плодородия почвы. Как есть хорошие и плохие врачи, портные, повара и т. д., так есть и хорошие и плохие мелиораторы, нарушающие рекомендованные наукой и выработанные тысячелетней практикой приемы мелиорации. Следует также предупредить, что нередко люди судят об эффективности мелиорации по состоянию земель и урожаю в первые годы после мелиорирования. Они забывают, что мелиорация подобна хирургическому вмешательству и требуется некоторое время, чтобы мелиорируемая агросистема пришла в равновесие и стала давать ожидаемую от нее продукцию.

В тех случаях, когда в проекте мелиоративных работ строго учитывают местные условия, соответствие используемых материалов и характера работы мелио-

ративной системы задачам хозяйства, когда строго соблюдаются при строительстве условия проекта, мелиорация обеспечивает высокий рост производства продуктов питания и улучшает наши земли.

Рекультивация почв. Иногда деятельность человека в определенных целях приводит к полному уничтожению ландшафта и биогеоценоза. Это относится в первую очередь к горнодобывающей промышленности. В результате разработки полезных ископаемых образуются шахты, штольни, карьеры, отвалы, вертикальные и горизонтальные терриконы. При этом в ландшафте обычно сочетаются шахты и терриконы, штольни, карьеры и отвалы. При разработке рассеянных ископаемых, например золота, могут образовываться отвалы, перемытые при работе драги.

Две проблемы встают при рекультивации земель. Во-первых, необходимо ликвидировать сами карьеры, шахты, штольни. Известны случаи, когда значительные по площади участки земной поверхности (до нескольких тысяч гектар) оседали на 7—11 м в результате обвала штолен и горизонтальных шахт. Заполнение карьеров, штолен, шахт — очень дорогое мероприятие, но если думать о будущем, то оно необходимо.

Разравнивание вскрышных пород требует соблюдения ряда правил. В первую очередь при начале работ необходимо иметь геологическое описание всех слоев, из которых сложена разрабатываемая толща. Затем производится систематизация слоев по их свойствам. 1. Слои, обладающие плодородием (собственно почва, лёссы, гумифицированные и углистые рыхлые отложения и т. д.). 2. Слои, потенциально плодородные. Рыхлые глинистые и супесчаные отложения. 3. Слои нейлодородные и нетоксичные, инертные. 4. Токсичные для растений и животных геологические породы.

Такой анализ слоев позволит с самого начала сортировать вскрываемые слои на указанные грунты. После прекращения добычи ископаемых сначала разравнивают токсические слои, их перекрывают нейтральными, затем потенциально плодородными и сверху перекрывают плодородным почвенным слоем. В реальных условиях редко соблюдаются все эти требования. Часто отделяют только плодородный слой почвы, а остальные грунты образуют смесь той или иной степени токсичности. Установлено, что токсичные грунты могут рекуль-

тивироваться только в том случае, если они покрыты достаточно толстым слоем нетоксичного грунта. Опыты показали, что для трав минимальная мощность верхнего перекрывающего слоя, при котором формируется фитоценоз, не менее 40—50 см. Для деревьев мощность такого слоя должна достигать 60—80 см и больше. Например, токсичные сульфатные глины и пески могут сильно подкислить слои почвы над ними мощностью 20—30 см.

Освоение рекультивированных земель опирается на теорию географического соответствия, предложенную А. Л. Бельгардом. По этой теории, в данных географических условиях могут успешно произрастать определенные виды растений и типы биогеоценозов. Поэтому в первую очередь следует подобрать соответствующие виды растений и конструировать соответствующие биогеоценозы.

Существует много классификаций, образующихся при работах отвалов и рекультивируемых земель. Они носят конкретный для данного региона характер. Примером такой классификации может служить разработанная И. А. Добровольским схема отвалов Криворожского бассейна. Он выделяет глины и суглинки (не засоленные и засоленные), смесь глины, суглинков и обломков скальных пород, скальные породы, известняки, ожелезненные супеси (шламы).

Для включения их в биогеоценозы используют землевание (покрывают слоем почвы), пескование, иногда известкование, внесение фосфорных удобрений. Землевание необходимо всем породам. Пескование — глинистым отложениям. Фосфорные удобрения оказываются очень эффективными на породах, содержащих пирит. Этот сульфид железа взаимодействует с фосфором, который образует пленку фосфата железа на поверхности кристаллов пирита и тем самым снимает токсическое действие пирита на почву и растение. Используемые растения (в зависимости от типа водного режима, преобладающего на отложениях) обычно состоят из лоха, тамарикса, гледичии, скумпии, желтой акации, дикой аморфы, клена татарского, клена ясенелистного, груши дикой, бирючины, тополя и др. Ясно, что в других регионах будет и другой набор древесных пород.

Следует также отметить, что стоимость рекульвационных работ сейчас очень высока (7—30 тыс. руб/га).

Но ясно, что в интересах общества эти затраты рентабельны, так как возвращают в народное хозяйство испорченные земли.

Возможные экологические проблемы, связанные с рекультивацией, в принципе общие с проблемами конструирования нового ландшафта. К этой проблеме при-мыкают вопросы создания и эксплуатации технологически преобразованных почв. Но анализ способов создания этих ландшафтов не прибавляет ничего нового к сказанному выше. Это такое же конструирование нового ландшафта в сельскохозяйственных целях, как и создание осушенных и орошаемых участков. При этом реконструкция ландшафта часто сопровождается постройкой оросительных систем, так как обычно эти ландшафты отрываются от грунтовых вод.



Не держим мы в руке своей
Ни прошлых, ни грядущих дней.

П. РОНСАР

Заключение

Итак, проблемы современного сельского и лесного хозяйства — мелиорация почв и охрана природы — очень тесно переплетены и их нельзя рассматривать обособленно.

Нельзя проектировать мелиоративные мероприятия без прогноза обязательных и возможных изменений ландшафтов. В то же время охрана природы, будь то вид или популяция живых организмов, памятник природы, ценный элемент ландшафта, не будет эффективной, если проектировщики не учтут возможное развитие ландшафта в связи с хозяйственной деятельностью в его пределах.

Мелиорация должна учитывать весь комплекс явлений, называемых ландшафтами, и в то же время без мелиорации и новой организации территории нельзя представить нашего будущего.

Раньше ландшафты преобразовывались и создава-

лись стихийно, иногда удачно, как в случае со средне-русской полосой, часто менее удачно (лѣссовая провинция Китая), а иногда совсем неудачно (пустыни Африки, горы Ливана). Но теперь настало время восстановления ландшафта на техногенных пустынях и конструирования, строительства новых ландшафтов на базе существующих. Опыт такого строительства есть. Например, в Латвии активно проектируют и перестраивают естественные ландшафты под руководством Р. Я. Сталбова, а в Западном Донбассе восстанавливают под руководством Н. Е. Бекаревича ландшафты, нарушенные разработками горных пород, погребенные отвалами вскрышных пород, часто токсичными для растений.

Но пока восстановление ландшафтов ведется лишь в Криворожском бассейне, Донбассе, Кузбассе, Мосбассе, и то в значительной степени экспериментально. Теперь настало время проектирования ландшафтов. Очевидно, что целесообразно создавать наиболее оптимальный ландшафт в данных условиях. Но пока само понятие оптимального ландшафта не разработано. Не ясны требования к оптимальному ландшафту, соотношение их с зональными особенностями, с задачами сельского хозяйства, требующими постоянного повышения урожая полевых и других культур, а также с задачами лесного хозяйства, вывозящего древесину.

Трудность такой разработки очевидна. Но без создания теории оптимального ландшафта вольно или невольно мы можем прийти или к техногенным пустыням, или же к таким ландшафтам, жить в которых будет очень трудно.

Создание новых ландшафтов — актуальная задача нашего времени, и разработка теории этого вопроса требует участия самых разных специалистов. Время для такой работы уже настало.

Литература

Популярная

- Васильев Н. Ф. Мелиорация земель — всенародное дело. — М.: Знание, 1985.
- Дорст Ш. До того как умрет природа. — М.: Прогресс, 1968.
- Карпачевский Л. О. Зеркало ландшафта. — М.: Мысль, 1983.
- Фокин А. Д. Почва, биосфера и жизнь на Земле. — М.: Наука, 1986.

Специальная

- Афанасьева Т. В., Василенко В. И., Терешина Т. В., Шеремет Б. В. Почвы СССР. — М.: Мысль, 1979.
- Вернадский В. И. Биосфера. — Л., 1926.
- Добровольский Г. В., Гришина Л. А. Охрана почв. — М.: Изд-во МГУ, 1985.
- Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. — М.: Изд-во МГУ, 1984.
- Зайдельман Ф. Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР. — М.: Колос, 1981.
- Зонн С. В. Современные проблемы генезиса и географии почв. — М.: Наука, 1983.
- Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы. — М.: Лесная промышленность, 1981.
- Кауричев И. С., Громыко И. Д. Атлас почв СССР. — М.: Колос, 1974.
- Крупеников И. А. История почвоведения. — М.: Наука, 1981.
- Особенности мелиорации земель Западной Сибири / Под ред. П. С. Панина. — Новосибирск: Наука, 1979.



□ Никаких дополнительных затрат не потребовалось работникам Качарского горно-обогатительного комбината, чтобы вернуть к жизни одно из живописнейших в прошлом озер — Джалтыр-Коль. Огромный карьер, где ведется добыча руды, пересекают несколько горизонтов подземных вод. Эти воды и решили горняки направить в обмелевшее озеро. Вновь появились там гнездовья птиц, водится рыба.

□ На середине реки Миасса, протекающей через Челябинск, неожиданно взметнулся высокий столб воды. Что это — гейзер или авария в коммуникациях? — удивлялись прохожие. Ни то ни другое. Это новый необычный фонтан: строители провели по дну реки систему труб. Фонтан не только украсит реку: «живая вода», считают специалисты, пойдет на пользу «здоровью» Миасса, избавит его от заболоченных участков.

□ Воды одного из притоков Куры с помощью мощных насосов подняты на 200-метровую высоту. Теперь в Горийском районе полностью обеспечены водой фруктовые сады, плантации зерновых культур и сахарной свеклы.

□ Вступила в строй первая очередь крупнейшего на западе Туркменистана обводнительного комплекса «Джебел», который обеспечивает влагой 200 тыс. га пустынных выпасов.

□ Кубинские специалисты-экологи предложили использовать для возрождения засоленных земель промышленные отходы, в частности пустую породу никелевых рудников, а также щелочные стоки сахарных заводов. Эти два компонента помогают не только бороться с засолением, но и улучшать структуру почвы.

□ Приблизительно в 2050 г. жители Сконе — района на юге Швеции — смогут выращивать на своей земле абрикосы, персики, сою, а фермеры средней части страны — сахарную свеклу. Такую картину не столь далекого будущего Швеции нарисовали метеорологи, изучающие проблему воздействия человека на климат планеты. К середине следующего века, полагают ученые, среднегодовая температура на территории Швеции повысится примерно на 5°C. Главный «виновник» — углекислый газ, ускоряющий баланс теплообмена в атмосфере.

□ Огромные песчаные дюны, передвигаясь со скоростью до 10 м в год, разрушают коммуникации, выводят из строя промышленные объекты. В Саудовской Аравии пески подвергают химической обработке, их заливают специальным эмульсионным асфальтом, строят заграждения из джута или пластмассы, способные выдержать высокую температуру воздуха и силу ветра. Но наиболее подходящим материалом для таких заграждений оказались ветки пальмы, которые еще в старину использовали для защиты урожая от песчаных бурь. Самое же эффективное оружие против наступления пустыни — зеленые насаждения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Почва и биосфера	7
Скорость почвообразовательных процессов и изменение свойств почвы	19
Почвы и их использование	28
Мелиорация почв и их охрана	47
Заключение	60
Литература	62
По страницам журналов	63

Научно-популярное издание

Лев Оскарович Карпачевский

ПОЧВА, МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

Редактор *И. Тужилина*

Главный отраслевой редактор *А. Нелюбов*

Мл. редактор *Л. Щербакова*

Художник *Н. Константинова*

Худож. редактор *Т. Егорова*

Техн. редактор *И. Жаворонкова*

Корректор *Л. Иванова*

ИБ № 8851

Сдано в набор 24.03.87. Подписано к печати 18.05.87. А-09964. Формат бумаги 84×108¹/₂. Бумага газетная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,57. Уч.-изд. л. 3,56. Тираж 51 182 экз. Заказ 744. Цена 11 коп. Издательство «Знание», 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 876106
Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая ул., д. 3/4.

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают, поэтому своевременно оформляйте подписку. Подписка на брошюры издательства „Знание“ ежеквартальная, принимается в любом отделении „Союзпечати“.

Напоминаем Вам, что сведения о подписке Вы можете найти в „Каталоге советских газет и журналов“ в разделе „Центральные журналы“, рубрика „Брошюры издательства „Знание““.

Цена подписки на год 1 р. 32 к.



СЕРИЯ

БИОЛОГИЯ